Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

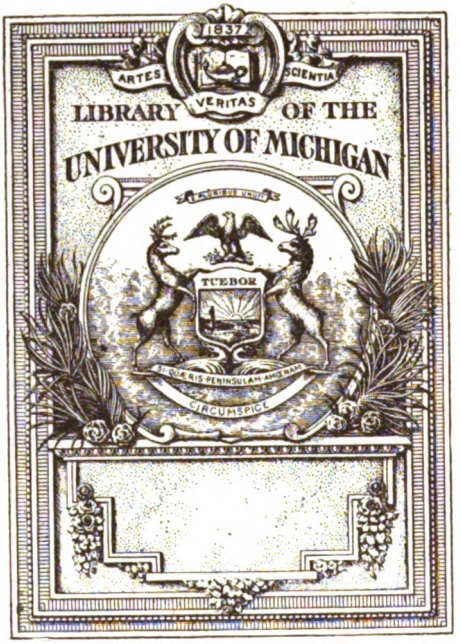
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Verhandlungen

Deutsche Physikalische Gesellschaft ...

Digitized by Google



Digitized by Google

QC
1
.D4862

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Jahre 1917

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik" dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel — für reine Physik
Richard Assmann — für kosmische Physik

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn
1917

Digitized by Google

Digitized by Google

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

im Jahre 1917

Neunzehnter Jahrgang

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn

1917

Digitized by Google

Sektors für die größeren Intensitäten, wenn er bei den kleineren Intensitäten ausgeschaltet ist.

$$x_{1,0}^{1/4} = {}^{17}/_{23} \qquad x_{1,0} = 0{,}2985 \quad \text{Sektor } 6448'$$
$$x_{0,2}^{1/4} = {}^{28}/_{28} \qquad x_{0,2} = 0{,}4553 \quad \text{„ } 9834'$$
$$\log y_{1,0} = -1{,}4521 \qquad y_{1,0} = 0{,}035\,31 \quad \text{„ } 762{,}7'$$
$$\log y_{0,2} = -0{,}7347 \qquad y_{0,2} = 0{,}184\,20 \quad \text{„ } 3979'$$

Die Formel (6) liefert, indem man $\delta T_0 = 1{,}03$ setzt,

$$\frac{\delta x_{1,0}}{x_{1,0}} = -\frac{\delta T_0}{T_0} \cdot 4 \cdot \frac{x_{1,0}^{-1/4} - x_{0,2}^{1/4}}{x_{1,0}^{-1/4}} = -\frac{\delta T_0}{T_0} \cdot 1{,}57 = -0{,}000\,70$$

$$\frac{\delta x_{0,2}}{x_{0,2}} = -\frac{\delta T_0}{T_0} \cdot 4 \cdot \frac{x_{1,0}^{-1/4} - x_{0,2}^{1/4}}{x_{0,2}^{1/4}} = -\frac{\delta T_0}{T_0} \cdot 2{,}22 = -0{,}000\,99$$

$$\frac{\delta y_{1,0}}{y_{1,0}} = \frac{\delta y_{1,2}}{y_{0,2}} = \frac{\delta T_0}{T_0} \cdot \frac{\log y_{1,0} + \log y_{0,2}}{\log e} = -\frac{\delta T_0}{T_0} \cdot \frac{2{,}18}{\log e}$$
$$= -0{,}0022.$$

Unter den gemachten Annahmen müssen also die in (6) eingehenden Intensitäten teilweise auf weniger als ${}^1/_{1000}$ genau gemessen werden, ferner muß nach (6) die Wellenlänge λ bis auf ${}^1/_{2300}$ genan eingestellt werden. Diese Forderungen liegen ungefähr an der Grenze des zurzeit Erreichbaren. Die Fehler bei der Bestimmung der Spaltbreitenkorrektion sind hierbei noch nicht berücksichtigt.

Nach diesen Ergebnissen wird die Durchführung des Planes, welche versucht werden soll, jedenfalls schwierig sein und sehr gute Apparate erfordern.

Charlottenburg, 12. Januar 1917.

Digitized by Google

1917. Heft 1/2.

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel
für reine Physik

Richard Assmann
für kosmische Physik

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn
1917

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 24 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Digitized by Google

Inhalt.

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Seite

Bericht über die Sitzung vom 26. Januar 1917 11

Bericht über die Sitzung vom 9. Februar 1917 12

E. Waetzmann und W. Moser, Über unsymmetrische Schwingungen einseitig belasteter Gummihäute. (Vorgetragen in der Sitzung vom 19. November 1915.) (Eingegangen am 29. Januar 1917) 13

M. v. Laue, Ein Versagen der klassischen Optik. (Vorläufige Mitteilung.) (Eingegangen am 6. Februar 1917) 19

E. Budde, Zur Resonanztheorie des Hörens. II. Über die Cortischen Organe im Ohr der Landsäugetiere. (Vorgetragen in der Sitzung vom 9. Februar 1917) 22

2. Halbmonatl. Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik. I. Allgemeine Physik. S. 31 u. 47. — II. Akustik. S. 32 u. 48. — III. Physikalische Chemie. S. 32 u. 49. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 34 u. 51. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 36 u. 53. — VI. Wärme. S. 38 u. 54. — VII. Kosmische Physik. S. 40 u. 56.

Elektrische Mess-Instrumente

Meßbrücken — Galvanometer — Isolationsprüfer — Kabelmeßapparate — Kondensatoren — Widerstände Bandbremsen — Hochspannungsanzeiger nach Zipp — Selbstinduktions-Normalien — Kompensatoren

Kurvenindikator mit Registriertrommel

Land- und Seekabelwerke Aktiengesellschaft

Abt. Apparatebau **Cöln-Nippes**

An die Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

1. Wissenschaftliche Mitteilungen, welche in einer Sitzung der Gesellschaft durch ein anwesendes Mitglied vorgelegt werden (§ 21 der Satzungen), erscheinen in der Regel binnen zwei bis drei Wochen in den „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft". Die Vorlage von Mitteilungen in einer Sitzung zu vermitteln, ist der Unterzeichnete jederzeit bereit. Die Mitteilungen sollen in der Regel den Umfang von 8 Druckseiten nicht überschreiten.
2. Anmeldungen von Mitgliedern (§ 13 der Satzungen) können an den Vorsitzenden der Gesellschaft, Herrn Prof. Dr. A. Einstein (Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstr. 13), an den Rechnungsführer, Herrn Prof. Dr. E. Jahnke (Berlin W 15, Darmstädterstr. 9) oder an den Unterzeichneten gerichtet werden.
3. Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt für Berliner Mitglieder 20 Mark, für auswärtige Mitglieder 10 Mark, wofür die „Verhandlungen" der Gesellschaft kostenlos geliefert werden. Für den Bezug der „Berichte" (Verhandlungen und Literaturverzeichnis) an Stelle der „Verhandlungen" allein zahlen die Mitglieder einen Zuschlag zu diesen Beträgen von 8 Mark jährlich. — Alle Zahlungen werden aus dem Inlande durch Zahlkarte, aus dem Auslande durch Postanweisung unter der Adresse
   Postscheckkonto: Professor Dr. E. Jahnke, Postscheckamt Berlin Nr. 13434
   erbeten.
4. Die auswärtigen Mitglieder, welche die Einladungskarten (Tagesordnungen) für die einzelnen Sitzungen zu erhalten wünschen, haben hierfür eine Gebühr von 1,50 Mark jährlich, ebenfalls auf das obengenannte Postscheckkonto, zu zahlen.

Professor Dr. Karl Scheel, Berlin-Dahlem, Werderstraße 28

Postadresse: Berlin-Lichterfelde 3.

Digitized by Google

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

19. Jahrg. 28. Februar 1917. Nr. 3/4.

Sitzung vom 26. Januar 1917.

Vorsitzender: Hr. A. EINSTEIN.

Hr. **H. Rubens** berichtet über

das optische

Verhalten der Gläser im langwelligen Spektrum.

Als Mitglieder wurden in die Gesellschaft aufgenommen:

Hr. Prof. Dr. ing. MAX JAKOB, Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Charlottenburg 9, Kastanienallee 27.
(Vorgeschlagen durch Hrn. KARL SCHEEL.)

Hr. JOSEF KRÖNERT, stud. math. et phys., Fürth, Amalienstr. 29, z. Z. im Felde, Vizefeldwebel, Artillerie-Meßtrupp 67, Feldpoststation 102, Westen.
(Vorgeschlagen durch Hrn. J. ENGL.)

Hr. Dipl.-Ing. F. BANNEITZ }
Hr. cand. phil. R. ENGELS } beide z. Z. Kiel, Kirchenstr. 3.
(Beide vorgeschlagen durch Hrn. M. PIRANI.)

Hr. Dr. H. SENFTLEBEN, Breslau, Lothringer Straße 4.
(Vorgeschlagen durch Hrn. R. LADENBURG.)

Hr. MEDVECZKY ENDRE, Leutnant d. Reserve im k. k. Infanterieregiment 85, 3. Feldbataillon, Österr.-ung. Feldpost 420.
(Vorgeschlagen durch Hrn. KARL SCHEEL.)

Digitized by Google

Hr. Dr. Ernst Reiche, Breslau IX, Paulstraße 16/18.
(Vorgeschlagen durch Hrn. G. Mie.)

Hr. Dr. Ernst Lübcke, Physiker bei der Torpedoinspektion, Kiel, Feldstraße 123.
(Vorgeschlagen durch Hrn. H. Th. Simon.)

Sitzung vom 9. Februar 1917.

Vorsitzender: Hr. A. Einstein.

Hr. **E. Budde** gibt ein

Referat über die Resonanztheorie des Hörens.

Digitized by Google

Über unsymmetrische Schwingungen einseitig belasteter Gummihäute;

von E. Waetzmann und W. Moser.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 19. November 1915.)
(Eingegangen am 29. Januar 1917.)

Die im folgenden beschriebenen Versuche sind ein Ausschnitt aus einer umfangreicheren Arbeit über unsymmetrische Schwingungen, die bei Kriegsbeginn noch nicht abgeschlossen war. Da uns seither die Möglichkeit zur Fortsetzung unserer Versuche fehlt, scheint es uns angebracht, einen Teil derselben, der wenigstens zu einem gewissen Abschluß gebracht worden war, hier mitzuteilen. Wir schicken voraus, daß wir es für wahrscheinlich halten, daß wir uns in dem einen oder anderen Punkte noch täuschen, und hoffen, später ausführlich auf unseren Gegenstand zurückkommen zu können.

Den Ausgangspunkt für unsere Überlegungen und Versuche bildete die Arbeit des einen von uns: „Die Entstehungsweise von Kombinationstönen im Mikrophon-Telephonkreis“[1]). In dieser Arbeit ist gezeigt worden, daß die Unsymmetrien in den Schwingungen der Membran eines Telephons, das durch ein Mikrophon erregt wird, im wesentlichen nicht auf ein unsymmetrisches Kraftgesetz der frei schwingenden Telephonmembran zurückzuführen sind, sondern auf die Art der Widerstandsänderung des Mikrophons bei verschieden starker Erregung der Mikrophonmembran. Bei schwacher Erregung besitzt das Mikrophon einen kleinen, bei starker Erregung einen großen mittleren Widerstand. Eine Folge hiervon ist die Entstehung starker Kombinationstöne (K. T.), wenn das Mikrophon gleichzeitig von zwei Tönen von genügender Stärke und passender Höhe erregt wird. Obwohl diese K. T. also nach einem ganz anderen Gesetz als dem von Helmholtz[2]) angenommenen entstehen, erfüllen sie in vielen Beziehungen die aus dem Helmholtzschen Ansatz folgenden Bedingungen. Es war deshalb nachzuprüfen, ob auch die sonst beobachteten K. T. nach anderen

[1]) E. Waetzmann, Ann. d. Phys. (4) 42, 729, 1913.
[2]) H. v. Helmholtz, Pogg. Ann. 99, 497, 1856.

Digitized by Google

Gesetzen als dem Helmholtzschen zustande kommen. Da nach unserer Ansicht, im Gegensatz zu anderen, für die Entstehung von K. T. gerade die Unsymmetrie der Schwingungen von entscheidender Bedeutung ist, wurde die Aufgabe dahin erweitert, das Zustandekommen von unsymmetrischen Schwingungen zu untersuchen.

Zunächst zeigte der eine von uns [1]), daß auch bei symmetrischem Kraft- und Dämpfungsgesetz für einen frei schwingenden Körper die erzwungenen Schwingungen desselben unsymmetrisch werden und K. T. in ihm entstehen können, wenn die Bedingungen dafür gegeben sind, daß der Schalldruck merklichen Einfluß erhält. Welches diese Bedingungen sind, ist in der zitierten Arbeit in groben Zügen angegeben. Die exakte Berechnung der K. T., die auf Grund der angedeuteten Überlegungen zustande kommen, hat dann F. Küstner [2]) durchgeführt. Über unsere experimentellen Untersuchungen über diesen Gegenstand soll später berichtet werden.

Helmholtz glaubte in dem trichterförmig eingezogenen und einseitig stark belasteten Trommelfell des menschlichen Ohres ein Gebilde gefunden zu haben, welches einem unsymmetrischen Kraftgesetz (rücktreibende Kraft $= ax + bx^2$) gehorcht und damit zum Entstehungsort von K. T. wird. Die Versuche, solche Schwingungen auch außerhalb des Ohres zu verwirklichen, waren aber wenig erfolgreich.

Wir versuchten nun, mit sehr dünnen, ziemlich lose ausgespannten, an einer Stelle stark einseitig belasteten Gummihäuten unsymmetrische Schwingungen zu erhalten. Es ist von vornherein schwer zu übersehen, was für Schwingungen ein derartig kompliziertes Gebilde unter der Einwirkung von äußeren Kräften ausführen wird. Die Belastung ändert zunächst die stabile Ruhelage, gibt aber zu Unsymmetrien gegen diese neue Ruhelage keine Veranlassung, wenn das Gebilde in seiner Grundperiode schwingt. Unterteilt sich dagegen die Gummihaut, so wird die Ruhelage eines Punktes gegen die vorhergehende wieder verschoben. Auf Grund dieser Überlegung kann man die Perioden der erregenden Töne und die Grundperiode des Gebildes so

[1]) E. Waetzmann, Verh. d. D. Phys. Ges. **16**, 424, 1914.

[2]) F. Küstner, Untersuchungen über den Schalldruck. Ann. d. Phys. (4) **50**, 941, 1916.

Digitized by Google

wählen, daß unsymmetrische Schwingungen entstehen. Selbstverständlich darf man nicht erwarten, daß sich diese Unsymmetrien nach dem HELMHOLTZschen Ansatz berechnen lassen, weil man es ja mit einem ganz anderen, viel komplizierteren Vorgang zu tun hat. Gewisse Anhaltspunkte, wie man die einzelnen zu erwartenden Effekte — Einseitigkeit, Obertöne, K. T. — je nach den Versuchsbedingungen besonders deutlich herausarbeiten kann, ergeben sich aber auch aus den HELMHOLTZschen Resultaten. Auf Einzelheiten unserer Versuche wollen wir noch nicht eingehen, sondern im folgenden nur einige Proben der photographisch aufgenommenen Schwingungen zusammenstellen. Wir haben hierfür Kurven gewählt, in denen die einzelnen Effekte, jeder für sich, besonders stark hervortreten.

Als Tonquellen dienten Stimmgabeln auf Resonanzkästen. Sie wurden so erregt, daß die Oktave möglichst unmerklich blieb. Außerdem wurden gelegentlich zwischen Tonquelle und Gummihaut Interferenzrohre eingeschaltet, um ganz reine erregende Töne zu erhalten. Die Schwingungen der Gummihäute wurden in der üblichen Weise mit Hilfe eines ganz kleinen Spiegels photographiert, zunächst die Nullinie, darauf die Schwingungen. Die Empfindlichkeit der Gummihäute ist ganz außerordentlich groß; man muß sie auf das sorgfältigste gegen Erschütterungen und Geräusche schützen, sonst kommen sie überhaupt nicht zur Ruhe. Trotz aller Vorsichtsmaßregeln war es oft nicht möglich, die Nullinie vollkommen glatt zu erhalten. Für unsere groben Betrachtungen stört das aber nicht weiter. Zunächst wurden die Schwingungen unter der Einwirkung eines Tones untersucht, um Einseitigkeiten und Obertöne zu erhalten, darauf unter der Einwirkung zweier Töne, um K. T. zu erhalten.

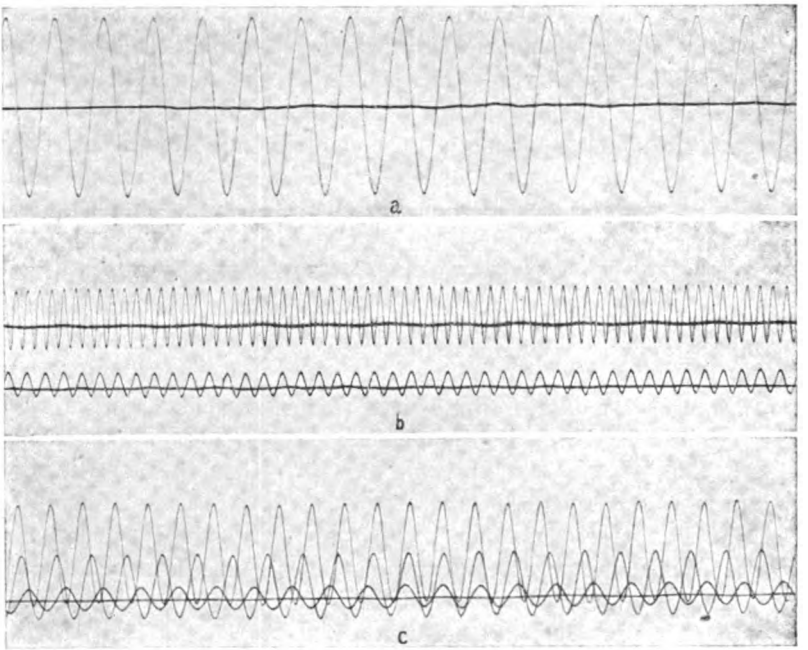
In Fig. 1 stellt Kurve *a* die Schwingungen einer Gummihaut dar, deren Grundperiode der Periode des erregenden Tones sehr nahe liegt; merkliche Unsymmetrien sind nicht vorhanden. In den Kurven *b* der Fig. 1 liegen die erregenden Töne wesentlich höher als der Grundton der Gummihaut; die Kurven zeigen starke Einseitigkeiten. Kurve *c* in Fig. 1 zeigt das Anwachsen der Einseitigkeit mit wachsender Stärke des erregenden Tones.

Die Kurven *a*, *b*, *c* in Fig. 2 stellen die Schwingungen einer Gummihaut von der Grundperiode 400 unter Einwirkung der Töne 300 bzw. 250 bzw. 200 dar. Entsprechend der von *a* nach *b*

Digitized by Google

nach c zunehmenden Resonanzwirkung wächst die Oktave relativ zum Grundton stark an. Die Analyse ergibt das Amplitudenverhältnis von Grundton und Oktave für a zu etwa 3,8 : 1,0, für b zu etwa 2,9 : 1,0 und für c zu etwa 0,9 : 1,0. Es liegt zunächst die Vermutung nahe, daß der erregende Ton nicht rein war, sondern daß ihm schon die Oktave beigemischt war. Abgesehen von den oben erwähnten Vorsichtsmaßregeln spricht aber hiergegen

Fig. 1.



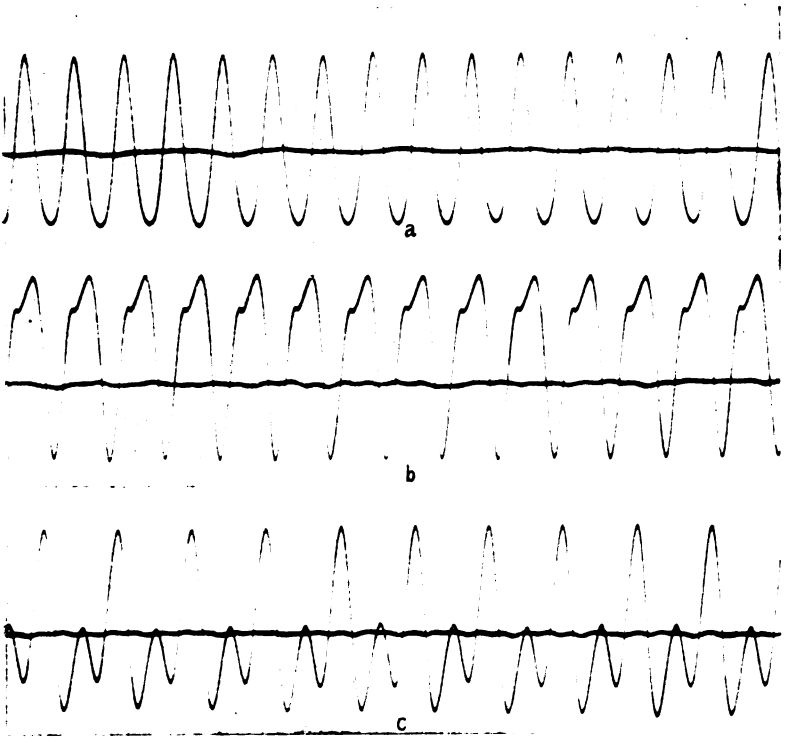
die Tatsache, daß in den Schwingungen von Gummihäuten, die nicht einseitig belastet waren, die Oktave auch dann nicht beobachtet wurde, wenn Eigenperioden und erregende Perioden die gleichen oder entsprechende waren wie in den Kurven der Fig. 2 Wir werden diesen Punkt weiter im Auge behalten.

Kurve a in Fig. 3 zeigt sehr schön, wie eine typische Schwebungswelle, die auf ein Gebilde mit Unsymmetrien auffällt, einseitig verzerrt wird, und wie damit eine neue Komponente, ein Differenzton erster Ordnung, in ihr entsteht. Die Kurven b und c

Digitized by Google

in Fig. 3 stellen die Schwingungen ein und derselben Gummihaut, deren Grundperiode etwa 170 war, unter der Einwirkung zweier verschiedenen Primärtonpaare dar. In *b* waren die Schwingungszahlen der Primärtöne $p = 640$ und $q = 480$, in *c* betrugen sie $p = 700$ und $q = 500$. Die Analyse ergibt das Amplituden-

Fig. 2.



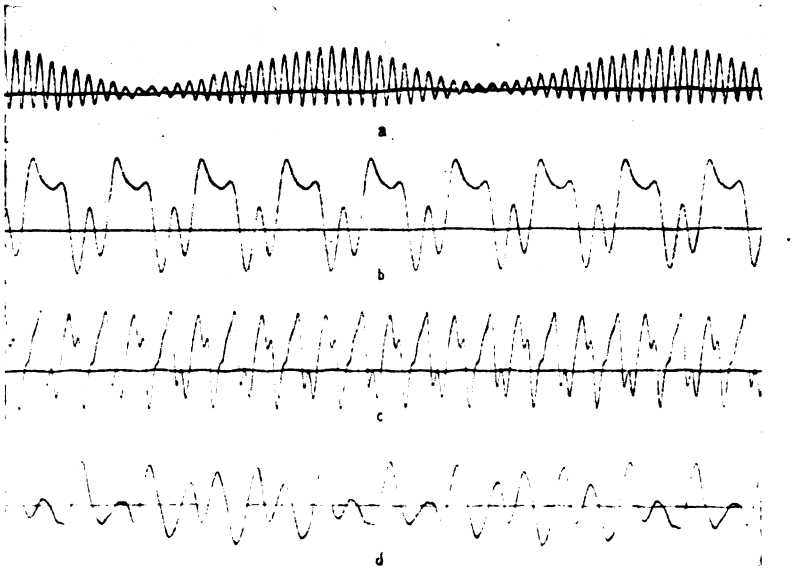
verhältnis der Primärtöne p und q und des Differenztones erster Ordnung $p-q$ in *b* zu etwa 1,0 : 2,4 : 3,1 und in *c* zu etwa 1,0 : 1,2 : 3,4. Trotz der etwas geringeren Resonanzwirkung ist der Differenzton $p-q$ in *c* relativ stärker als in *b*, was mit dem für die Entstehung von Differenztönen günstigeren Intensitätsverhältnis der Primärtöne in Kurve *c* zusammenhängen dürfte. Kurve *d* in Fig. 3 enthält einen sogenannten zwischenliegenden Differenzton, dessen Hörbarkeit und damit Existenz viel angezweifelt worden ist. Die Primärtöne haben die Schwingungszahlen $p = 700$ und $q = 250$.

Digitized by Google

Das Amplitudenverhältnis von p, q und dem Differenzton $p-q$ ist etwa 1,0 : 0,7 : 0,3.

Zusammenfassung: Es wurden Schwingungen von Gummihäuten, die an einer Stelle stark einseitig belastet waren, photographiert. Unseres Wissens sind damit zum erstenmal an membranartigen Gebilden unter der Einwirkung reiner Töne unsymmetrische

Fig. 3.



Schwingungen und speziell Kombinationstöne registriert worden. Die aus den mitgeteilten Kurven sich ergebenden Folgerungen bringen nach unserer Ansicht im Verein mit den beiden zitierten Arbeiten des einen von uns endgültige Klarheit in das Problem der Kombinationstöne. Damit sind natürlich die quantitativen Fragen aus dem Gebiete der Kombinationstöne längst noch nicht gelöst.

Breslau, Physikalisches Institut, Januar 1917.

Digitized by Google

Ein Versagen der klassischen Optik;

von M. v. Laue.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 6. Februar 1917.)

1. In dem Gedächtnisheft, welches die Physikalische Gesellschaft in Zürich für A. KLEINER herausgegeben hat[1]), leitet der Verfasser folgenden Satz ab: Sind viel beugende Teilchen auf einer ebenen Fläche F unregelmäßig verstreut, so sieht man im Beugungsbilde gewisse von RAYLEIGH vorausgesagte Schwankungen der Intensität. Die Abstände zweier Punkte P und P' im Beugungsbilde, bei denen noch statistische Abhängigkeit für die Intensitäten E und E' besteht, sind nach der klassischen Optik von der Größenordnung der Abmessungen des der Fläche F entsprechenden Beugungsbildes. Es findet sich dort schon angedeutet, daß die Erfahrung dem nicht entspricht.

Anschaulich macht man sich diesen Satz durch die folgende Überlegung: in P interferieren so viele Wellen, als beugende Teilchen da sind. Die Phasendifferenz zwischen zweien von ihnen nennen wir δ. Dieselben beiden Wellen haben in P' die Phasendifferenz δ'. Ist der Abstand PP' wesentlich kleiner als die Abmessungen der Beugungsfigur von F, so ist für alle Wellenpaare $\delta - \delta'$ klein gegen 2π, deshalb können sich die Intensitäten E und E' nicht sehr unterscheiden. Ist PP' aber größer als jene Abmessungen, so sind die Unterschiede im allgemeinen größer als ein Vielfaches von 2π; dann kann man von der Intensität E nicht mehr auf E' schließen.

2. Der einschlägige Versuch ist schon vorher vom Verfasser veröffentlicht worden[2]). A. a. O. in Fig. 2 ist das Beugungsbild vieler Lykopodiumteilchen auf einer Kreisfläche vom Radius

[1]) M. v. LAUE, Mitteilungen der Physik. Gesellsch. Zürich 1916, Nr. 18, S. 90.

[2]) M. v. LAUE, Berliner Sitzungsber. 1914, S. 1144. Die dort gegebene Theorie ist zwar mathematisch richtig, deckt sich aber quantitativ nicht mit dem Versuch; die Winkel ϑ sind viel zu klein und ihre Cosinus von 1 viel zu wenig verschieden, um die radiale Faserung zu erklären.

Digitized by Google

$r = 0{,}4$ cm im Licht von durchschnittlich $4{,}25 \cdot 10$ cm Wellenlänge (λ) angegeben, wie es sich in der Brennebene einer Linse von 100 cm Brennweite (f) darstellen würde. (In Wirklichkeit war die Brennweite 25 cm; die Aufnahme ist aber nachträglich etwa vierfach vergrößert.) Das Beugungsbild der Fläche F wäre also kreisförmig und in seinen linearen Abmessungen von der Größenordnung $\frac{\lambda f}{r} = 10^{-2}$ cm.

3. Die Theorie erklärt somit weder, weshalb „Fasern" auftreten, noch weshalb die „Fasern" der Figur alle radial liegen, noch wie Längen von mehreren Millimetern (wie man sie ohne weiteres findet) bei ihnen vorkommen können. Auch die weitgehende Unabhängigkeit der Beugungserscheinung von der Form der Fläche F, wie sie bei ähnlichen, noch nicht veröffentlichten photographischen Aufnahmen festgestellt wurde, entspricht nicht dem obigen Satz.

4. Wir sehen darin ein Versagen der klassischen Wellentheorie, die sich doch sonst bei allen Interferenz- und Beugungserscheinungen so vortrefflich bewährt hat. Der Unterschied zu den üblichen Versuchen liegt aber darin, daß sonst entweder wenige Wellen interferieren, oder, wenn es viele sind, die Gangunterschiede zwischen je zwei von ihnen den gleichen Wert haben; hier aber handelt es sich um viele Wellen mit unregelmäßig verteilten Phasen.

5. Dies Versagen scheint uns nun vortrefflich zu dem Versagen der Elektrodynamik in der Strahlungstheorie zu passen. In den „monochromatischen" Schwingungen, die Gegenstand dieser Theorie sind, haben wir stets viele Sinuswellen von etwas verschiedener Schwingungszahl vor uns. Die Phasendifferenzen dieser Wellen ändern sich im Laufe der Zeit, aber für eine hinreichend kleine Zeitspanne können sie als konstant angesehen werden. Sie sind dann nach Zufall verteilt. Die resultierende Intensität E ist durch Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen zu ermitteln, die sich von denen für die RAYLEIGHschen Schwankungen nicht unterscheiden. Die Intensitäten E und E' für zwei hinreichend verschiedene Zeitpunkte t und t' sind statistisch unabhängig, das hört aber naturgemäß auf, wenn man t und t' sich mehr und mehr nähern läßt. Je weiter man sich die beiden Zeitpunkte nähern lassen kann, ohne daß die Intensitäten E und E' stati-

Digitized by Google

stisch gekoppelt werden, um so kürzere Zeit hält eine bestimmte Intensität an, um so mehr Spannen merklich konstanter Intensität umfaßt ein Zeitabschnitt T, um so kleiner sind daher die Schwankungen der Gesamtintensität in Zeiten von der Größe T. Man sieht den Zusammenhang mit den EINSTEINschen Schwankungsbetrachtungen über die Strahlung und erinnert sich, daß auch bei diesen die klassische Theorie der Erfahrung gegenüber versagt [1]).

Und zwar sind die zeitlichen Schwankungen tatsächlich größer, also die Zeitspannen merklich konstanter Intensität größer, als die Theorie zuläßt. Entsprechend sind in dem oben genannten Beugungsbilde die räumlichen Gebiete merklich konstanter Intensität größer, als nach unserem Satz zulässig [2]).

6. Den Zusammenhang zwischen den EINSTEINschen und den hier betrachteten Schwankungen können wir in mehr physikalischer Betrachtung finden, wenn wir uns die Linse samt der Fläche mit den beugenden Teilchen in einer zur Fläche parallelen Richtung translatorisch bewegt denken. Die Beugungsfigur in der Brennfläche nimmt an der Bewegung teil und es entstehen aus unseren zunächst räumlichen Schwankungen ohne weiteres zeitliche Schwankungen in jedem festen Raumpunkt, über den die Figur hinstreicht.

Uns scheint hier der experimentelle Nachweis vorzuliegen, daß, wo sich Strahlungstheorie und Wellentheorie in Schwankungsfragen und den damit zusammenhängenden thermodynamisch-statistischen Überlegungen widersprechen, die Wellentheorie im Unrecht ist. Bis zu einer Abänderung der klassischen Optik, die dem durch Berücksichtigung der PLANCKschen Konstante h Rechnung trägt, scheint uns freilich ein langer Weg. Doch sollen die einschlägigen Versuche, sobald die äußeren Umstände das zulassen, fortgesetzt werden.

Frankfurt a. M., Institut für theoret. Physik, 4. Febr. 1917.

---

[1]) A. EINSTEIN, Rapports et Discussions de la Réunion tenue a Bruxelles du 30./10. au 3./11. 1911 sous les auspices de M. E. Solvay, S. 427.

[2]) Genau genommen, spricht EINSTEIN a. a. O. von den Schwankungen der Energiestrahlung in der Zeit T durch eine Fläche F. Infolgedessen müssen auch räumliche Schwankungen, wie in unserem Versuch, für seine Formel unmittelbar in Betracht kommen. (Zusatz bei der Korrektur.)

Digitized by Google

Zur Resonanztheorie des Hörens.
II. Über die Cortischen Organe im Ohr der Landsäugetiere;

von E. Budde.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 9. Februar 1917.)

In meiner ersten Abhandlung[1]) habe ich den Einwurf von M. WIEN gegen die HELMHOLTZsche Resonanztheorie des Hörens einfach akzeptiert. Es wird sich im folgenden eine Erwägung ergeben, welche die zahlenmäßigen Grundlagen der WIENschen Rechnung unrichtig erscheinen läßt. Die nähere Betrachtung erweist aber unzweifelhaft, daß die Resonanz im Säugetierohr erheblich unscharf ist; ein erregender Ton von der Kreisfrequenz n versetzt nicht nur dasjenige Element der Basilarmembran in Schwingung, welches auf maximale Resonanz mit n abgestimmt ist, sondern auch die Nachbarn desselben, und zwar auf merkliche Entfernung in merklicher Stärke. Es sei nochmals daran erinnert, daß schon HELMHOLTZ die Schwingung, mit welcher die Basilarmembran auf einen einzelnen stationären Ton reagiert, durch seine Fig. 52 dargestellt hat; er ist sich also vollkommen klar darüber gewesen, daß das resonierende Organ auf einen einfachen Ton durch Schwingung einer Zone von nicht zu vernachlässigender Ausdehnung reagiert. Nimmt man dieses an — und es wird sich zeigen, daß das unabweisbar ist —, so ist die Folgerung nicht zu umgehen, daß irgendwo im Resonanzapparat, in den Ganglien oder im Gehirn eine Einrichtung vorhanden ist, welche dafür sorgt, daß die Reizung einer ausgedehnten Zone der Basilarmembran als einfacher Ton empfunden wird, vorausgesetzt, daß diese Reizung so verteilt ist, wie es der unscharfen Resonanz auf eine einfache stationäre Erregung entspricht.

[1]) E. BUDDE, Verh. d. D. Phys. Ges. 18, 369, 1916.

Digitized by Google

Angesichts dessen ist nun die Frage zu stellen, ob die neuere Anatomie in der Schnecke Einrichtungen nachweist, aus deren Betrachtung sich die Möglichkeit einer physikalischen Erklärung dafür ergibt, daß die Unschärfe der Resonanz nicht zur Wahrnehmung gelangt, oder ob die betreffende Einrichtung ganz in das Gebiet der Neurologie bzw. der Psychologie verwiesen werden muß.

Dabei muß natürlich manches berührt werden, was schon lange bekannt ist.

Die Reissnersche Membran, welche sich durch die ganze Länge der Schnecke schräg über die Basilarmembran und ihre Anhänge hinlegt, grenzt zusammen mit der Basilarmembran den ductus cochlearis ab. Der wässerige Inhalt des ductus cochlearis wird als Endolymphe, derjenige des übrigen Schneckenraumes als Perilymphe bezeichnet. Während die letztere sich von physiologischer Kochsalzlösung nicht wesentlich zu unterscheiden scheint, ist die Endolymphe erheblich gallertartiger; ihre Konsistenz nähert sich einigermaßen derjenigen der Glasflüssigkeit im Auge. Die Reissnersche Membran hat also zunächst offenbar die Aufgabe, die zähere Endolymphe von der leichtflüssigeren Perilymphe abzugrenzen. Eine weitere Wirkung, die ihr wahrscheinlich zuzuschreiben ist, ist schon von ter Kuile [1]) richtig angedeutet. Eine biegsame, aber kaum ausdehnbare Membran, wie die Reissnersche, wird gegen transversale Drucke sehr nachgiebig sein, aber longitudinale an sich vorübergleiten lassen. Die Reissnersche Membran, zusammengenommen mit den Reflexen an der gekrümmten Wand der knöchernen Schnecke, wird also die Wirkung haben, die Impulse, welche vom ovalen Fenster her in die scala vestibuli eintreten, so zu verteilen, daß sie als wesentlich transversale Schwingungen in die Region der Basilarmembran gelangen. Der in die unten folgende Fig. 1 eingezeichnete Pfeil gibt die ungefähre Richtung an, in welcher sich die Wellen im ductus cochlearis hin und her bewegen müssen.

In der Endolymphe schwimmen nun im Zusammenhang mit der Basilarmembran erstens zahlreiche weiche, zellige Gebilde, zweitens Systeme von gröberen und feineren elastischen Fasern, und in engem Zusammenhang mit den letzteren sind Sinneszellen

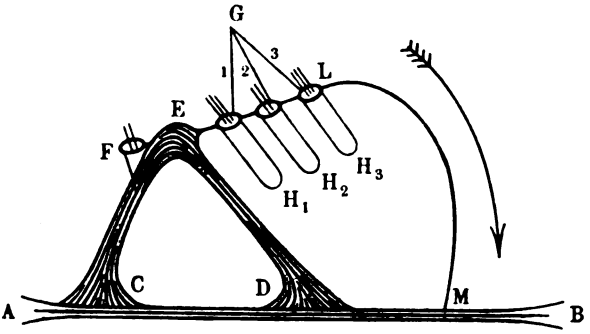
[1]) E. ter Kuile, Pflügers Archiv 79, 146 u. 484, 1900.

Digitized by Google

vorhanden. Einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit darf man der (von den Autoren meist stillschweigend angenommenen) Voraussetzung zuschreiben, daß die ganz weichen Organe, was das rein Mechanische angeht, einfach als Bestandteile des Labyrinthwassers aufzufassen sind, daß aber elastische Fasern und die mit ihnen zusammengesetzten Konstruktionen den eigentlichen Schwingungsmechanismus ausmachen.

Gerade für diese elastischen Bestandteile ist die Abhandlung von H. HELD [1]): „Zur Kenntnis des CORTIschen Organs und der übrigen Sinnesapparate des Labyrinthwassers von Säugetieren", von besonderem Wert. Die Zeichnungen von HELD stimmen in den Hauptpunkten mit denjenigen von RETZIUS [2]) überein. HELD

Fig. 1.



hat indessen ein besonderes Färbungsverfahren angewendet, welches die faserigen Teile stark dunkel hervortreten läßt. Fig. 1 zeigt einen schematisierten Querschnitt durch die Basilarmembran und ihre Nachbarschaft. Wie bekannt, scheinen etwa vier Fasern der Basilarmembran je ein Joch von zwei CORTIschen Pfeilern nebst deren Anhängen zu tragen; der Komplex dieser vier Fasern wird der Kürze wegen im folgenden „die Basilarfaser" genannt.

Das ganze gezeichnete System liegt annähernd in einer Ebene, welche durch die Basilarfaser und ihre Schwingungsrichtung geht. Die Bezeichnungen „oben", „unten" usw. beziehen sich in allem folgenden auf die Lage in der Zeichnung.

---

[1]) H. HELD, Abh. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. 49 (Bd. 28 der math.-phys. Klasse), 3, 1904.

[2]) G. RETZIUS, Das Gehörorgan der Wirbeltiere. Stockholm 1881.

Digitized by Google

AB ist die Basilarfaser, welche links bei A an der knöchernen lamina spiralis befestigt ist; unterhalb derselben, hauptsächlich nach links ausgedehnt, liegt der relativ große Raum der scala tympani, oberhalb links die REISSNERsche Membran und hinter ihr die scala vestibuli.

Auf der Basilarfaser sitzt nun CE, der innere CORTIsche Pfeiler, dicht am inneren Ende A mit breiter Grundfläche auf die Faser aufgekittet.

DE ist der äußere CORTIsche Pfeiler, der bei D auf dem beweglichen Teile der Faser sitzt und gleichfalls fest mit breitem Fuße aufgekittet ist.

Bei E sind die beiden Pfeiler wiederum verdickt und ziemlich fest miteinander verklebt.

An E schließt sich links, kurz und fest angesetzt, ein Ring F, rechts, durch anscheinend feste Stäbchen mit E verbunden, drei ähnliche Ringe, die in Fig. 1 mit G_1, G_2, G_3 bezeichnet sind.

Das System dieser Ringe und der sie miteinander und mit E verbindenden Stäbchen, bezogen auf eine Basilarfaser, möge im folgenden provisorisch als das „retikulare Element" bezeichnet werden, welches zu der betrachteten Basilarfaser gehört. Die in der Richtung senkrecht zur Zeichnung nebeneinander liegenden Ringgruppen EL der verschiedenen Basilarfasern bilden, indem sie sich über die ganze Basilarmembran hinziehen, die membrana reticularis v. KÖLLIKERS.

Die G-Ringe, sowie die gleich zu erwähnenden Zellen sind noch gestützt durch eine größere Anzahl von dünnen, offenbar sehr biegsamen elastischen Fasern, von denen in der Figur nur eine schematisch durch LM wiedergegeben ist. Diese Fasern dienen augenscheinlich dem Zweck, die rechts von ED gelegenen Teile zu stützen, sie schwingungsfähig zu machen und sie auch bei Schwingungen in geordneter Lage zu erhalten.

In die vier Ringe F, G_1, G_2, G_3 sind nun lange Zellen eingelassen; die unteren Enden der drei[1]) zu G_1, G_2, G_3 gehörigen Zellen sind in der Figur mit H_1, H_2, H_3 bezeichnet. Die vier zu

[1]) Bei einzelnen Säugetieren treten statt der drei G-Ringe und zugehörigen Zellen vier auf.

Digitized by Google

F, G_1, G_2, G_3 gehörigen Zellen wollen wir gleich Sinneszellen oder Hörzellen nennen. Auf der Cuticula, welche ihre obere, in je einem Ringe liegende Grenze bildet, tragen sie Haare, sogenannte Hörhaare, deren untere Enden auf den G-Zellen hufeisenförmig angeordnet sind. Die Ringe F, G_1, G_2, G_3 umgreifen den Hals der Zellen wie feste Kragen, so daß die oberen Enden der Zellen den Bewegungen des retikularen Elementes folgen müssen.

An die unteren Enden H der vier Hörzellen legen sich die letzten Ausläufer der Fibrillen des Hörnerven an, und gerade dadurch sind jene offenbar als Sinneszellen charakterisiert.

Die Hörhärchen sind nach HELD an ihrem unteren, auf der Cuticula des Zellenkopfes befestigten Ende etwas verdickt und sitzen mit einer pfeilartigen Spitze auf der Zelle auf, sind also geeignet, einen „prickelnden" Reiz auf das Protoplasma der Zelle zu üben, wenn sie sich relativ zu ihr bewegen.

Über die Hörhärchen legt sich, von der lamina spiralis ausgehend, die membrana tectoria oder CORTIsche Membran. Es scheint ziemliche Übereinstimmung darüber zu herrschen, daß sie aus zwei aufeinanderliegenden Schichten besteht, von denen die obere weich ist, die untere dagegen eine gewisse Festigkeit und Elastizität besitzt. Eine auch von O. FISCHER zitierte Untersuchung von A. KREIDL und Y. YANASE[1]) gibt an, daß bei neugeborenen Ratten, solange die Tiere noch nicht hören können, die CORTIsche Membran mit dem CORTIschen Organ zusammenhängt, während dieser Zusammenhang beim Eintritt des Hörens gelöst erscheint. Weiter unten komme ich auf die gerade für den hier vorliegenden Zweck besonders störenden Unsicherheiten zurück, die bezüglich der CORTIschen Membran bestehen.

Folgende Einzelheiten sind noch zu berücksichtigen:

a) Die Fußpunkte D der äußeren Pfeiler teilen die ganze Basilarmembran in zwei Zonen; die innere, von der CD der Querschnitt ist, heißt zona arcuata und ist wenig deutlich gefasert, die äußere DB heißt zona pectinata; ihre Faserung ist kräftig und leicht zu erkennen.

b) Bekanntlich liegen die kürzesten Fasern der Basilarmembran proximal zu den Fenstern, die längsten distal in der Nähe

[1]) A. KREIDL und Y. YANASE, Zentralbl. f. Physiologie **21**, 507, 1907.

Digitized by Google

des Hamulus. Während die ganze Basilarmembran von proximal nach distal auf das Zwölffache der Breite zunimmt, wächst die Breite der zona pectinata auf das Zwanzigfache.

c) Die Winkel, welche die beiden CORTIschen Pfeiler miteinander und mit der Basilarmembran machen, varriieren erheblich. In der Nähe des runden Fensters bilden ihre Achsen nahezu ein gleichschenkeliges Dreieck ($CE = DE$) mit Basiswinkeln von ungefähr 80°; nach der Mitte der Schnecke zu wird der äußere Pfeiler ED erheblich länger als der innere, so daß der Winkel bei D auf etwa 40° heruntergeht; am Hamulus rückt der Punkt D wieder etwas näher an C heran. Diese Winkelbestimmungen sind, obgleich sie namentlich von HENSEN und RETZIUS mit Sorgfalt ausgeführt wurden, wohl alle mit einer gewissen Unsicherheit behaftet; denn die Zeichnungen der Anatomen zeigen nicht selten Verbiegungen und Knickungen der Organe, welche offenbar darauf deuten, daß der Härtungsprozeß, welcher der mikroskopischen Beobachtung vorangeht, verzerrend gewirkt hat. Im ganzen aber kann man wohl daraus entnehmen, daß der innere Pfeiler CE mit der Basilarfaser einen Winkel von wenigstens 75°, meist nicht erheblich unter 80°, macht.

d) Nach übereinstimmender Angabe von HENSEN und HELMHOLTZ sind die äußeren Pfeiler wesentlich als biegsame, unausdehnbare Fäden anzusehen, die inneren dagegen sind fest, elastisch und streben sich noch weiter aufrecht zu stellen, wenn sie aus dem Zusammenhang gelöst werden. Hieraus ergibt sich ein plausibler Zusammenhang, auf den TER KUILE[1]) aufmerksam gemacht hat. Der Pfeiler CE ist elastisch gespannt, sein Kopf E ist nach rechts gezogen; E strebt also nach links auszuweichen und zieht notwendig bei D die Basilarfaser etwas in die Höhe, bis die Gegenspannung der zona pectinata diese Wirkung aufhebt. Der Pfeiler CE und der „gekämmte" Teil DB der Basilarfaser bilden also ein zusammenhängendes System mit Spannung und Gegenspannung, welches als Ganzes schwingt, wenn es von einer Welle des Labyrinthwassers getroffen wird. Als Resultat einer Erregung des elastischen Apparates ergibt sich also in letzter Linie eine Schwingung des Punktes E. Diese Schwingung ist sicherlich so klein, daß sie als geradlinig aufgefaßt werden kann,

[1]) TER KUILE, l. c., S. 487.

Digitized by Google

und ihre Doppelrichtung steht dann senkrecht auf der Achse des Pfeilers CE. Eine sehr einfache Rechnung ergibt, daß ihre Amplitude sich zu derjenigen des Punktes D verhält, wie CE zu CD.

e) Nach RETZIUS macht das retikulare Element mit der Basilarfaser in der proximalen Windung einen Winkel von 25°, in der Mittelwindung 35°, in der Spitzenwindung 23°. In zwei Zeichnungen von HELD sind diese Winkel bedeutend größer, doch sind in eben diesen Zeichnungen auch die CORTIschen Pfeiler geknickt, so daß wohl anzunehmen ist, die Verzerrung durch den Härtungsprozeß sei hier ungewöhnlich stark aufgetreten. Der Winkel, welchen das Element EL mit der Schwingungsrichtung des Punktes E macht, kann nach dem Durchschnitt sämtlicher Zeichnungen auf 25 bis 45° geschätzt werden; wir wollen ihn α nennen, ohne uns auf einen bestimmten numerischen Wert allzusehr festzulegen.

f) HENSEN [1]) hebt hervor, daß die Hörzellen sich nicht selten anscheinend unverletzt von den F- und G-Ringen trennen lassen, wobei die Hörhaare auf dem retikularen Element stehen bleiben. Daraus würde folgen, daß die Haare auf einer besonderen Cuticula sitzen, die von der Zellhaut der Hörzellen verschieden und abtrennbar ist.

g) HELMHOLTZ zeichnet die membrana reticularis als zusammenhängende gefensterte Membran. Sie ist in Wirklichkeit ein sehr kompliziertes Gebilde, von dem in Fig. 1 nur das Faserskelett eines Elements wiedergegeben ist. Von oben gesehen, erscheint dieses Skelett als dunkles Netzwerk, welches, wie HELD sagt, „den oberflächlichen Enden aller der verschiedenen Stützzellen als Kittmasse eingefügt ist“. Im Bereich der als lamina reticularis erscheinenden Kittfläche sind die Zellmembranteile der Stützzellen noch von besonderer Dichte, so daß sie nach dem Ausdruck v. SPEEs mit der Kittmasse zusammen als „Kopfreifen“ der Sinneszellen bezeichnet worden sind. Nach der Gesamtheit der Figuren scheint es keinem Zweifel zu unterliegen, daß die Bezeichnung membrana reticularis mechanische Berechtigung hat. Die verschiedenen Kopfreifen sind so eng miteinander verwachsen oder verkittet, daß das ganze System derselben als zusammenhängende

[1]) HENSEN, Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 18, 507.

Digitized by Google

Platte angesehen werden muß. Damit hängt eine Ungenauigkeit der schematisierten Fig. 1 zusammen, die ausdrücklich hervorgehoben werden muß. In Wirklichkeit liegen die Achsen der drei in Fig. 1 dargestellten *G H*-Zellen nicht in einer Ebene. Schon die äußerste Zelle liegt nicht ganz in der durch die beiden CORTIschen Pfeiler bestimmten Ebene, und an Stelle der mittleren Zelle müßten eigentlich zwei Zellen treten, von denen die eine etwas vor, die andere hinter der Zeichnung läge. Der behufs bequemerer Benennung eingeführte Begriff des retikularen Elementes ist also nicht haltbar. Bei genauer Besichtigung gibt es kein retikulares Element, die Sinneszellen sind nicht einem deutlich unterscheidbaren, mit der Basilarfaser parallel gestellten Element eingepflanzt, sondern sie hängen an der lamina reticularis als Ganzem, ohne daß man jede Sinneszelle einer bestimmten Basilarfaser mit Sicherheit zuweisen könnte. Das ist eine Tatsache von grundlegender Bedeutung. Wohl aber gehört die einzelne Basilarfaser mit den beiden auf ihr sitzenden CORTIschen Pfeilern individuell zusammen, und jeder einzelne Komplex, Basilarfaser nebst zugehörigen CORTIschen Pfeilern, kann als ein „Schwingungselement" zusammengefaßt werden.

h) Die Hörhaare sind an Länge verschieden, doch läßt sich zurzeit für diese Verschiedenheit keine gesetzliche Beziehung zu der Höhe des Tones, den sie wahrscheinlich vermitteln, angeben.

i) Die Dimensionen beim Menschen schwanken um folgende Mittelwerte: Länge der gesamten, gestreckt gedachten Basilarmembran 33,5 mm, Breite derselben proximal zu den Fenstern 0,041 mm, am Hamulus 0,495 mm; Höhe der CORTIschen Pfeiler am Fensterende 0,06 mm, am Hamulus 0,09 mm.

Schließt man sich der allgemein geteilten Ansicht an, daß die Hörhärchen bei der Reizung der Sinneszellen eine wesentliche Rolle spielen, so liegt auf der Hand, daß die Relativbewegung der Hörhärchen gegen die benachbarten Teile für die akustischen Wahrnehmungen die Hauptrolle spielt und, wenn dem so ist, so drängt sich sofort die Frage auf, ob bei den Schwingungen im Gebiet der CORTIschen Organe erhebliche Phasendifferenzen auftreten können. Da ist folgendes zu bemerken:

1. Es liegt kein Grund vor, im Labyrinthwasser mit einer wesentlich anderen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles als

Digitized by Google

rund 1300 m/sec zu rechnen. Die höchsten Töne, die der Mensch überhaupt hören kann, machen nach F. A. SCHULZE [1]), der die entgegenstehenden Behauptungen richtig gestellt hat, etwa 20000 Schwingungen in der Sekunde; die höchsten, welche der Skala der Tonempfindungen sicher eingeordnet werden, machen bekanntlich etwa 4000 Schwingungen. Die Wellen, welche uns für die vorliegende Untersuchung interessieren, haben also im Labyrinthwasser Längen von 30 cm bis 40 m. Demgegenüber sind die Dimensionen der CORTIschen Organe so klein, daß man offenbar nicht mit merklichen Phasenunterschieden innerhalb des Labyrinthwassers selbst im Bereich der Fig. 1 zu rechnen hat; es muß als praktisch inkompressibel angesehen werden. Die Bedeutung, welche der Länge der hörbaren Wellen zukommt, ist schon von HELMHOLTZ in der Abhandlung, mit welcher er den ersten Band des PFLÜGERschen Archivs eröffnet hat, scharf hervorgehoben und später auch von HENSEN betont worden. Meines Erachtens genügt der Zahlenwert der Schallgeschwindigkeit, um die Theorien derjenigen Autoren zu widerlegen, welche wie BONNIER u. A. annehmen, eine Bewegung des Steigbügels von der Periode n setze die Basilarmembran vom ovalen Fenster her in eine Schwingung, die sich nur bis zu der auf n abgestimmten Faser fortpflanzt.

2. Es ist nun die Frage aufzuwerfen, ob zwischen dem Labyrinthwasser, welches einem Schwingungselement anliegt, und dem Schwingungselement selbst eine merkliche Phasendifferenz bestehen kann. Die Basilarmembran ist eine zusammenhängende Haut ohne Spalten, welche den Durchtritt des schwingenden Wassers gestatten könnten. An irgend einer ausgewählten Stelle derselben muß also die Normalkomponente der Elongation der Wasserteilchen, welche ihr anliegen, jederzeit so groß sein, wie die Elongation der Haut selbst; denn anderenfalls würde sich das Wasser auf einer Seite von der Haut entfernen. Hierdurch ist nicht ausgeschlossen, daß zwischen Wasser und Haut eine gewisse Phasendifferenz besteht; sie würde involvieren, daß zu beiden Seiten der Haut Verdichtungen oder Verdünnungen des Wassers auftreten, und die aus diesen Dichtigkeitsänderungen hervorgehenden Druckkräfte würden sich mit den elastischen Kräften des Schwingungselementes kombinieren. Leider fehlt zurzeit jede

[1]) F. A. SCHULZE, PASSOW und SCHAEFER Beiträge 1, 134, 1908.

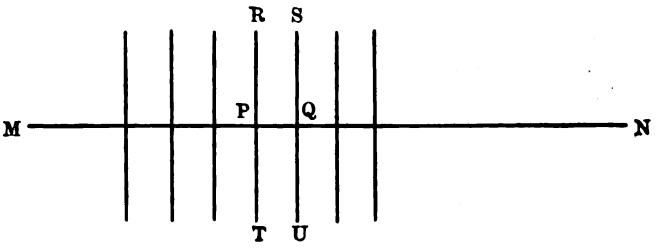
Digitized by Google

Möglichkeit, die Wirkung derartiger Kräfte auf die Basilarmembran zu berechnen, weil wir nichts Bestimmtes über die Elastizitätskonstanten der einzelnen Schwingungselemente wissen. Aber es muß wohl als sehr wahrscheinlich angesehen werden, daß die Basilarmembran viel nachgiebiger ist als das Wasser, und dann kann der mögliche Phasenunterschied zwischen einem Membranteil und dem anliegenden Wasser nur klein sein.

Nehmen wir zunächst an, das Wasser sei auch für diese Frage als völlig inkompressibel anzusehen und der in Rede stehende Phasenunterschied sei verschwindend klein; dann ergibt sich eine sehr wichtige Folgerung:

MN (Fig. 2) sei die Spur (Längsschnitt durch die Mitte) der gestreckt gedachten Basilarmembran. Sie sei in der in der Zeich-

Fig. 2.



nung angedeuteten Weise in Schwingungselemente geteilt und *PQ* sei ein solches Element. Dann muß das Wasser, welches dem Element *PQ* oben und unten anliegt, in gleicher Phase und Amplitude mit *PQ* mitschwingen, und an dieser Schwingung muß das gesamte Wasser in einem Raume *RTUS* teilnehmen, den wir nach oben und unten nicht fest begrenzen können, der sich aber jedenfalls auf eine relativ erhebliche Entfernung von *PQ* erstreckt. Ist also *PQ* ein durch Resonanz bevorzugtes Element, so ist auch das Wasser in *RTUS* bevorzugt; es schwingt stärker als das Wasser der benachbarten Elemente; kurz gesagt, die Resonanz ergreift mit größter Wirkung nicht nur die auf sie abgestimmten Schwingungselemente, sondern auch das Wasser in ihrer Nachbarschaft. Die Schwingungen des Labyrinthwassers müssen sich also so anordnen, daß sie sich auf die Resonanzstelle konzentrieren. Ist *PQ* (Fig. 2) eine solche Resonanzstelle, so

Digitized by Google

schwingt, nachdem der stationäre Zustand hergestellt ist, das Wasser in der Umgebung $RTUS$ von PQ mit einer Amplitude, welche größer als die Amplitude seiner Schwingung in irgend einer anderen Region der Basilarmembran ist, und zwar entspricht der Unterschied annähernd dem bekannten Amplitudenunterschied, der sich auf Grund der Resonanzgleichungen für die verschiedenen Schwingungselemente berechnen läßt.

Ist der Phasenunterschied zwischen Wasser und Membran nicht verschwindend klein, aber doch klein, so bleibt diese Folgerung offenbar annähernd erhalten. Daraus ergibt sich eine Reihe von wichtigen Konsequenzen.

Erstens. Soll ein erregender einfacher Ton eine stationäre Wirkung auf das Ohr üben, so muß derselbe nicht bloß einen stationären Zustand der Basilarmembran, sondern auch eine stationäre Anordnung der Schwingungen im Labyrinthwasser herbeiführen; dazu ist offenbar eine längere Einwirkung der erregenden Wellen erforderlich. Nach den bekannten Untersuchungen von S. Exner [1]) erzeugt ein Ton von 180 Schwingungen in der Sekunde erst nach 17 Schwingungen eine deutliche Tonempfindung im Ohr, und der stationäre Zustand wird bei 128 Schwingungen erst nach ungefähr 48 Schwingungen erzielt. Nach Urbantschitsch [2]) kann es in Fällen von minimaler Erregung bis zwei Sekunden und selbst noch länger dauern, ehe eine akustische Empfindung ausgelöst wird. Diese Zahlen stehen offenbar in gutem Einklang mit der Theorie. Die weitere, von mehreren Autoren festgestellte Tatsache, daß äußerstenfalls zwei Schwingungen genügen, um eine Tonempfindung hervorzurufen, widerspricht ihr nicht, da die Empfindung in diesem Falle offenbar weit davon entfernt ist, stationär zu sein. (Übrigens scheint mir, daß die Einwirkung von Obertönen bei all diesen Versuchen nicht ausgeschlossen war, so daß sie immer noch angezweifelt werden können.)

Zweitens folgt daraus, daß die Grundlage des Einwurfs von M. Wien wenigstens für stationäre Töne hinfällig wird. Wien setzt nämlich in seiner Rechnung voraus, daß auf sämtliche Basilarfasern die gleiche periodische Kraft geübt wird. Das ist

---

[1]) S. Exner, Pflügers Archiv **18**, 228, 1876.
[2]) V. Urbantschitsch, ebenda **25**, 323, 1881.

Digitized by Google

aber nach dem Vorstehenden nicht der Fall, vielmehr konzentriert sich der Energiestrom, der von der scala vestibuli zur scala tympani geht, auf die Region der maximalen Resonanz, und damit fällt die Grundlage der WIENschen Rechnung.

Drittens wird auch der bekannten Rechnung von HELMHOLTZ[1]) über die Schwingungen der Basilarmembran ein Teil ihrer Grundlage entzogen. Denn HELMHOLTZ setzt ausdrücklich voraus, daß der periodisch veränderliche Druck, welchen das umgebende Medium auf die Membran übt, gleichmäßig über die ganze Fläche der Membran verteilt sei. Trotzdem bleibt das Schlußergebnis der HELMHOLTZschen Rechnung anwendbar; denn wenn die Membran bei gleichmäßiger Verteilung der Kraft so schwingen kann, als wenn sie aus einer Reihe nebeneinanderliegender Saiten bestände, so kann sie es auch, wenn die Kraft auf eine Stelle konzentriert ist, an dieser Stelle, und das ist ja, worauf es zunächst ankommt.

Nach dem, was oben (unter d) über den Zusammenhang der CORTIschen Pfeiler mit der zona pectinata gesagt wurde, ist am wahrscheinlichsten der Komplex „Basilarfaser plus CORTIscher Pfeiler" als das schwingungsfähige Element anzusehen, welches direkt resonierend auf die von außen kommenden periodischen Antriebe reagiert. Für die Resonanztheorie ist es natürlich prinzipiell gleichgültig, welcher Art die resonierenden Elemente sind, solange man überhaupt bestimmte Elemente dieser Art nachweisen kann.

Nun können aber diese resonierenden Elemente nur durch Vermittelung der membrana reticularis auf die Sinneszellen wirken, und da stehen wir vor der grundlegenden Tatsache, daß diese Membran eben eine zusammenhängende zähe und elastische Platte bildet, daß also kein Teil derselben sich schwingend bewegen kann, ohne die Nachbarn bis zu einem gewissen endlichen Abstande mitzunehmen. Dadurch ist aber auf jeden Fall eine erhebliche Unschärfe der Resonanz gegeben. Also ist auch, wenn man von dem WIENschen Einwurf absieht, mit dieser Unschärfe zu rechnen. Und die Frage, ob eine physikalische Vorrichtung zur Reduktion dieser Unschärfe vorhanden sei, muß mit speziellem

[1]) H. HELMHOLTZ, l. c., Beilage XI.

Digitized by Google

Bezug auf die Bewegungen im Gebiete der Netzmembran gestellt werden.

Der Kürze wegen will ich mich zunächst wieder so ausdrücken, als ob mit jeder Basilarfaser und den zugehörigen CORTIschen Pfeilern ein bestimmtes retikulares Element zusammenhinge. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß die Bewegung eines solchen Elementes in erster Linie abhängt von der Bewegung des Punktes E in Fig. 1. Da nun die Schwingungsrichtung von E mit dem Element EL einen Winkel α macht, zerlegt sich die Schwingung von E ganz von selbst in zwei Komponenten, von denen die eine in die Richtung EL fällt, die andere senkrecht dazu ist. Ist B die Amplitude von E, so haben wir demgemäß zu unterscheiden:

a) Eine Komponente mit der Amplitude $B \cos \alpha$, die in die Doppelrichtung von EL fällt; sie möge die schaukelnde Komponente heißen.

b) Eine Komponente $B \sin \alpha$, die senkrecht auf EL steht, also sehr nahe in die Richtung der Hörhärchen fällt; sie heiße die stauchende.

Wir betrachten zunächst die letztere. Sie fällt, wie man aus Fig. 1 ersieht, auch sehr nahe in die Doppelrichtung der Schwingungen, welche das Labyrinthwasser in der Umgebung von EL macht. Die Bewegung des Labyrinthwassers wirkt also gleichzeitig direkt auf das Element EL. Zugleich ist, wie aus der obigen Beschreibung hervorgeht, EL auf eine Reihe von elastischen Fasern gestützt, die ihrerseits auf dem bewegten Teile der Basilarfaser aufstehen, die also auch auf- und niederschwingen. Es wird also nicht bloß der linke Endpunkt E des Elementes EL vom CORTIschen Pfeiler aus in Schwingung versetzt, sondern die stauchende Komponente dieser Schwingung wird unterstützt durch eine direkte Einwirkung des Labyrinthwassers auf EL und durch die Erregung, welche von unten her mittels der Fasern ML auf EL übertragen wird. Es liegt offenbar keine Möglichkeit vor, diese Einwirkungen näher zu berechnen. Man wird also, um das Wahrscheinlichste herauszufinden, vorläufig auf Zweckmäßigkeitsmutmaßungen angewiesen sein. Am einfachsten würde sich das Ergebnis darstellen, wenn man annimmt, die vereinigte Wirkung des Labyrinthwassers und der schwingenden Stützfasern auf das

Digitized by Google

retikulare Element sei gerade so abgemessen, daß der Punkt L dieselbe Bewegung macht wie der Punkt E, daß also das ganze Element EL nach Art eines starren Körpers senkrecht zu seiner eigenen Richtung eine stauchende Schwingung von der Amplitude $B \sin \alpha$ ausführt. Wären die verschiedenen Wirkungen nicht so abgemessen, so würden sich außer der angegebenen Bewegung noch periodische Undulationen des Elementes EL herausstellen. Wenn aber die vorhandenen Einrichtungen nicht so beschaffen sind, daß das ganze System Basilarfaser, Cortische Pfeiler, Element EL wie ein zusammenhängendes Ganzes in gleicher Phase die stauchende Schwingung vollführt, so ist die Folgerung nicht zu vermeiden, daß die empfindlichen Sinneszellen bei dem Schwingungsvorgange gezerrt werden, und damit ist eine gewisse Wahrscheinlichkeit für den angegebenen einfachen Ausgleich gegeben. Ich will mich also im folgenden so ausdrücken, als ob das ganze Element EL senkrecht gegen seine eigene Richtung eine gemeinsame Schwingung von der Amplitude $B \sin \alpha$ ausführte. Daß außerdem noch Undulationen von merklichem Betrage möglich sind, soll nicht geleugnet, aber auch nicht weiter berücksichtigt werden. Die Hörhaare werden bei dieser Schwingung durch das Labyrinthwasser nicht affiziert, da die Schwingungen des Wassers ebenso wie ihre eigenen Bewegungen in ihre Längsrichtung fallen.

Anders steht es um die zweite, die schaukelnde Komponente $B \cos \alpha$. Diese verschiebt das Element EL in seiner eigenen Richtung hin und her. Die Hörhaare werden dabei durch das Wasser, einerlei, ob es ruht oder in Schwingung begriffen ist, gedämpft, und zwar sehr stark, weil ihr Durchmesser im Verhältnis zu ihrer Länge sehr klein ist. Wenn also die Sinneszellen nach rechts und links geschaukelt werden, so bleiben die Hörhaare auf Grund der Dämpfung zurück und die Relativwirkung ist dieselbe, als ob die Hörzellen in Ruhe wären und die Hörhärchen transversale Schwingungen ausführten.

Da nun über den Hörhärchen die membrana tectoria liegt, so ergeben sich zwei Möglichkeiten für die Reizung der Sinneszelle durch ihre Hörhaare:

1. Die Hörhaare werden gegen die membrana tectoria gestaucht und drücken demgemäß longitudinal von oben auf das Protoplasma der Zelle.

Digitized by Google

2. Sie werden relativ zur Zelle transversal hin- und hergeschaukelt und können dabei vielleicht mit ihren Spitzen prickelnd auf das Protoplasma einwirken.

HENSEN und HELMHOLTZ, sowie spätere Autoren, die ihnen gefolgt sind, auch O. FISCHER, nehmen nun an, daß der Reiz wesentlich durch die Stauchung hervorgebracht werde; TER KUILE dagegen betrachtet die Schaukelbewegung als dasjenige, was den Reiz auf die Zelle ausübt.

Es scheint mir wahrscheinlich, daß die Kombination beider Bewegungen für den Reiz in Anspruch genommen werden muß. Denn, wenn man nach dem Zweck der CORTIschen Organe fragt, so ist die Antwort wohl nur zu finden durch die weitere Frage: Wodurch unterscheidet sich die Bewegung der Sinneszellen bei den Säugetieren von der Bewegung der Sinneszellen bei denjenigen Tieren, welche keine CORTIschen Organe haben, also bei Vögeln und Reptilien? Bei diesen sitzen die Sinneszellen direkt auf den Basilarfasern, ihre Bewegung relativ zur Deckmembran ist also wesentlich stauchend. Durch die Einschaltung der CORTIschen Pfeiler tritt die schaukelnde Bewegung hinzu; einen erkennbaren Sinn bekommt also die ganze CORTIsche Einrichtung erst, wenn man annimmt, daß sie gerade den Zweck habe, die Schwingungen der Sinneszellen in die beiden beschriebenen Komponenten zu zerlegen. Die stauchende Bewegung ist aber im Säugetierohr keineswegs verschwunden, also wäre die Behauptung, daß sie im Säugetierohr überhaupt keine Rolle mehr spielt, wahrscheinlich voreilig, und die zurzeit empfehlenswerteste Annahme ist jedenfalls die, daß die beiden Komponenten der Bewegung im Säugetierohr bestimmt sind, für die Reizung der Nervenenden zusammenzuwirken.

Lassen wir jetzt den Ausdruck retikulares Element wieder fallen und erinnern uns, daß die ganze membrana reticularis eine zusammenhängende Platte darstellt, so haben wir mit der Tatsache zu rechnen, daß diese Platte bei der Erregung zweierlei Transversalschwingungen macht, eine stauchende und eine schaukelnde. Soweit diese Schwingungen durch einen stationären Ton erregt werden, muß offenbar jede von ihnen ein Resonanzphänomen von erheblicher Unschärfe darbieten, und es knüpft sich naturgemäß die Frage an, ob vielleicht gerade das Zusammenwirken der beiden Schwingungsarten dazu dienen könnte, diese

Digitized by Google

Unschärfe zu vermindern und somit die Präzisierung der Tonwahrnehmung für das Gehirn zu erleichtern.

Hier ist nun eben durch unsere Unkenntnis der näheren Verhältnisse ein weiter Raum für Hypothesen gegeben. Um nur ein Beispiel zu geben: Man kann bei passender Annahme über die mögliche Phasendifferenz zwischen Stauchung und Schaukelung herausrechnen, daß die Hörhaare an der Stelle der maximalen Resonanz gerade in dem Augenblick ihre Gleichgewichtslage passieren, wo die membrana tectoria sich auf ihre Spitzen herabsenkt, während das an anderen Stellen der Basilarmembran nicht der Fall ist. Fände etwas derartiges statt, so würden die dünnen Hörhärchen, oder wenigstens einige derselben, gerade an der Stelle der Maximalresonanz und nirgendwo anders diejenige Lage haben, in welcher sie am besten geeignet sind, den longitudinalen Druck der Deckmembran auf die Sinneszellen fortzuleiten. Außerhalb der Stelle der Maximalresonanz würden sie im entsprechenden Augenblick schräg stehen, würden also durch den Druck der Deckmembran nur weiter ausgebogen, ohne daß dieser Druck sich merklich auf die Kopfplatten der Sinneszellen fortpflanzen möchte.

Derartige Deduktionen würden aber beim jetzigen Stande unserer Kenntnis nicht den Namen einer Theorie verdienen; denn gerade an dieser Stelle versagen die anatomischen Kenntnisse, die zu einer wirklichen Begründung von Annahmen der fraglichen Art erforderlich wären. Hier häufen sich vielmehr die Schwierigkeiten.

Erstens nämlich wissen wir nichts Näheres über die Steifheit oder Elastizität der Hörhaare, sowie über die Frage, ob ihre Einheftung in die Cuticula von der Art ist, daß sie ein erhebliches Direktionsmoment liefert.

Zweitens bestehen hinsichtlich der membrana tectoria noch Zweifel der schärfsten Art: HENSEN[1]) schreibt ausdrücklich, die Deckmembran sei nach außen hin sicher ohne Befestigung; SCHWALBE und BARTH bemerken, daß die CORTIsche Membran an den äußersten DEITERSschen Zellen befestigt zu sein scheint und daß sie häufig beim Zurückschlagen losgerissene Zellen des

[1]) HENSEN, Artikel Gehör in L. HERMANNS Handbuch der Physiologie, S. 75, 1880.

Digitized by Google

CORTIschen Organs mit nach oben nimmt. K. KISHI[1]) bildet Präparate ab, in welchen die membrana Corti mit der Netzmembran an der äußeren Seite durch Verkittung oder Verwachsung verbunden ist. Der Amerikaner SHAMBOUGH (mir nicht direkt zugänglich, entnommen aus RÖHR in Passow-Schaefers Beiträgen 5, 390, 1912), behauptet dasselbe. Die neueren Physiologen nehmen zum Teil diese Angaben als richtig an, während andere, namentlich WITTMAACK, sie für unrichtig halten. Es gibt eine Tatsache, die eher zugunsten der letzteren spricht. WITTMAACK hat nämlich konstatiert, daß Verklebungen der Membranen im Ohr nicht selten die Folgen pathologischer Prozesse sind. Auf der anderen Seite zeigen aber z. B. die Figuren von RETZIUS die Deckmembran nicht selten mehr oder weniger zurückgeschlagen. Diese Stellung entspricht sicherlich nicht der natürlichen, es ist also auch denkbar, daß die nicht fest aufliegende Deckmembran ein Artefakt ist.

Somit besteht eine erhebliche Unsicherheit über die Beziehung der membrana tectoria zur Netzmembran; es liegt aber auf der Hand, daß die Relativbewegung der ersteren zu den Hörhaaren sich wesentlich anders gestaltet, wenn sie frei über den Haaren liegt, als wenn sie mit der Netzmembran verwachsen ist.

Es fehlt also vorläufig jeder einigermaßen sichere Baugrund für weitere Erörterungen, und wenn man sich nicht in Phantasieannahmen verlieren will, kann man zurzeit wohl nichts anderes tun, als auf die nächstliegenden Aufgaben hinweisen, welche gelöst werden müssen, wenn die Theorie vorwärts kommen soll. Diese sind: a) auf Seiten der Anatomen die bestimmte Feststellung des situs der membrana tectoria, und, wenn möglich, die Beschaffung brauchbarer Angaben über Steifheit und elastische Befestigung der Hörhaare; b) auf Seiten der Physiker Theorie der Schwingungen einer Flüssigkeitsmasse mit zum Teil starker innerer Reibung, die einer Haut von der Art der Basilarmembran anliegt; ferner Theorie der Transversalschwingungen einer schmalen, dünnen, zähen Platte, wobei aber auch eine Schwingung als transversal zu gelten hat, die in die Ebene der Platte fällt und senkrecht zu ihrer Längsausdehnung gerichtet ist, und wobei die Voraussetzung nicht ausgeschlossen ist, daß ihre Dämpfung

[1]) K. KISHI, Pflügers Archiv 116, 112, 1907.

Digitized by Google

nach den beiden aufeinander senkrechten Schwingungsrichtungen verschieden sei.

In meiner ersten Abhandlung habe ich auch einen Vorschlag von A. L. BERNOULLI erwähnt, nach welchem dem WIENschen Einwurf durch die Annahme ausgewichen werden soll, es seien im Resonanzapparat des Ohres Paare von gekoppelten Fasern vorhanden, und es sei in jedem Paare die eine Faser erheblich stärker gedämpft als die andere. Es liegt hier keine Veranlassung vor, auf diesen Gedanken näher einzugehen, erstens, weil der WIENsche Einwurf auch ohnedies erledigt werden kann, und zweitens, weil sich im Ohr nichts nachweisen läßt, was als Analogon zu dem von BERNOULLI ausgeführten Koppelungsbeispiel gelten könnte.

Zusammenfassung. Im Hinblick auf die Frage, ob im Ohr der Landsäugetiere eine Einrichtung vorhanden ist, welche die Unschärfe der Resonanz ganz oder teilweise neutralisiert, wird die Konstruktion der CORTIschen Organe unter besonderer Berücksichtigung der anatomischen Untersuchungen von HELD betrachtet, und es wird der Versuch gemacht, sie mechanisch zu deuten. Der Verfasser schließt sich der von den Physiologen bevorzugten Annahme an, daß die Relativbewegung der Hörhaare gegen die Hörzellen die Auslösung des Nervenreizes bewirke. Daraus folgt, daß die Phasendifferenzen, welche zwischen den verschiedenen Teilen des CORTIschen Organs an irgend einer Stelle der Schnecke vorhanden sein können, eine besonders wichtige Rolle spielen, und aus der Betrachtung dieser Phasendifferenzen ergeben sich Folgerungen von Belang, vor allem die, daß das Labyrinthwasser an den Resonanzerscheinungen teilnimmt. Ist an einer Stelle der Basilarmembran auf Grund der Resonanzbedingungen eine maximale Schwingungsamplitude der elastischen Fasern vorhanden, so hat, wenn der stationäre Schwingungszustand hergestellt ist, das Labyrinthwasser an eben dieser Stelle gleichfalls eine maximale Amplitude, und damit ist dem M. WIENschen Einwande gegen die Resonanztheorie der Boden entzogen. Trotzdem bleibt eine erhebliche Unschärfe der Resonanz bestehen, weil die membrana reticularis eine zusammenhängende Platte bildet, von der sich kein Teil bewegen kann,

Digitized by Google

Daraus:

$$q \sim \frac{8{,}8}{6{,}3 \cdot 10^{23} \cdot 6{,}5 \cdot 10^{-27} \cdot 3{,}29 \cdot 10^{15}} \cdot \left(\frac{s}{s-1}\right)^2 \sim 6{,}5 \cdot 10^{-13} \cdot \left(\frac{z}{z-1}\right)^2 \quad 7)$$

q hängt also nur wenig von s ab in dem in Frage kommenden Bereich. Während die Stellenzahlen immerhin sich wie 24 : 29 verhalten, variiert q nur um etwa 1 Proz.

Nimmt man an, daß Absorption und Emission der Hochfrequenzstrahlung in dem innersten und relativ einfach gebauten Teile des Atoms vor sich gehen [vgl. die Bemerkung von SOMMERFELD am Schluß seiner Arbeit über die Theorie der Röntgenspektra [1])], so erscheint es nach dem Vorhergehenden plausibel, denselben bei den hier vorliegenden Elementen als sehr nahe übereinstimmend anzunehmen. Der Schluß ist nicht zwingend, da man ja noch keineswegs weiß, wie die Zahl der Emissionen mit dem Atombau zusammenhängt. Ferner wird man bei Elementen, die im Atomgewicht so wenig differieren, auch aus anderen Gründen eine Ähnlichkeit im Aufbau annehmen. Die vorhergehende Überlegung kann als weitere Stütze dieser Annahme gelten.

Was die Zahl der Emissionen selbst anbelangt, so ergibt sich für einen praktisch vorkommenden Energiefluß von etwa 100 Erg/cm²-sec, für n der Wert 10^{-10} Emissionen, d. h. bei den in Frage kommenden Intensitäten ist die Zahl der im Mittel von einem Atom emittierten Quanten sehr klein.

Das würde unter Zugrundelegung eines BOHRschen Modells bedeuten, daß ein Elektron durchschnittlich eine große Zahl von Umläufen ausführt, ehe es seine Bahn verläßt.

Wie GLOCKER, l. c., bemerkt, läßt das vorhandene experimentelle Material keine Schlüsse auf die Gültigkeit der Gleichung 1) in weiteren Bereichen zu. Es dürfte daher von Interesse sein, dasselbe in dieser Richtung zu erweitern. Bei den heutigen Mitteln zur Erzielung harter und intensiver Röntgenstrahlen scheinen dem keine allzugroßen Schwierigkeiten entgegenzustehen.

Genf, 3. März 1917.

---

[1]) A. SOMMERFELD, Ann. d. Phys. (4) 51, 125, 1916.

Digitized by Google

1917. *Heft 5/6.*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel
für reine Physik

Richard Assmann
für kosmische Physik

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn
1917

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 24 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Digitized by Google

Inhalt.

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Seite

H. Greinacher, Widerstand und Polarisation der Selenzellen. (Eingegangen am 3. April 1917) 51

Grundsätzliche Äußerung über die Stellung des mathematischen Unterrichtes an den höheren Knabenschulen 72

2. Halbmonatl. Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik. I. Allgemeine Physik. S. 91 u. 105. — II. Akustik. S. 93 u. 106. — III. Physikalische Chemie. S. 94 u. 107. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 95 u. 108. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 97 u. 110. — VI. Wärme. S. 99 u. 112. — VII. Kosmische Physik. S. 100 u. 114.

Elektrische Mess-Instrumente

Meßbrücken — Galvanometer — Isolationsprüfer — Kabelmeßapparate — Kondensatoren — Widerstände
Bandbremsen — Hochspannungsanzeiger nach Zipp — Selbstinduktions-Normalien — Kompensatoren
Kurvenindikator mit Registriertrommel

Land- und Seekabelwerke Aktiengesellschaft

Abt. Apparatebau **Cöln-Nippes**

An die Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

1. Wissenschaftliche Mitteilungen, welche in einer Sitzung der Gesellschaft durch ein anwesendes Mitglied vorgelegt werden (§ 21 der Satzungen), erscheinen in der Regel binnen zwei bis drei Wochen in den „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft". Die Vorlage von Mitteilungen in einer Sitzung zu vermitteln, ist der Unterzeichnete jederzeit bereit. Die Mitteilungen sollen in der Regel den Umfang von 8 Druckseiten nicht überschreiten.
2. Anmeldungen von Mitgliedern (§ 13 der Satzungen) können an den Vorsitzenden der Gesellschaft, Herrn Prof. Dr. A. Einstein (Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstr. 13), an den Rechnungsführer, Herrn Prof. Dr. E. Jahnke (Berlin W 15, Darmstädterstr. 9) oder an den Unterzeichneten gerichtet werden.
3. Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt für Berliner Mitglieder 20 Mark, für auswärtige Mitglieder 10 Mark, wofür die „Verhandlungen" der Gesellschaft kostenlos geliefert werden. Für den Bezug der „Berichte" (Verhandlungen und Literaturverzeichnis) an Stelle der „Verhandlungen" allein zahlen die Mitglieder einen Zuschlag zu diesen Beträgen von **8 Mark** jährlich. — Alle Zahlungen werden aus dem Inlande durch Zahlkarte, aus dem Auslande durch Postanweisung unter der Adresse

   Postscheckkonto: Professor Dr. E. Jahnke, Postscheckamt Berlin Nr. 13434

   erbeten.
4. Die auswärtigen Mitglieder, welche die Einladungskarten (Tagesordnungen) für die einzelnen Sitzungen zu erhalten wünschen, haben hierfür eine Gebühr von 1,50 Mark jährlich, ebenfalls auf das obengenannte Postscheckkonto, zu zahlen.

Professor Dr. Karl Scheel, Berlin-Dahlem, Werderstraße 28

Postadresse: Berlin-Lichterfelde 3.

Digitized by Google

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

19. Jahrg. 30. April 1917. Nr. 7/8.

Widerstand und Polarisation der Selenzellen[1]*;*

von H. Greinacher.

(Eingegangen am 3. April 1917.)

§ 1. Der Widerstand der Selenzellen. Der Widerstand einer Selenzelle läßt sich, wie unlängst gezeigt wurde (l. c. I), durch Wechselstrom ganz ebenso wie durch Licht verkleinern. Diese Eigenschaft wurde damals an vier verschiedenen Zellen untersucht. An jeder Zelle wurde sowohl der Licht- als der Wechselstromeffekt gemessen, wobei sich dann ein weitgehender Parallelismus zwischen beiden Erscheinungen herausstellte. Kurz nach der ersten Veröffentlichung ist nun eine Mitteilung von Herrn FÜRSTENAU[2]) erschienen, in welcher die Allgemeinheit des von mir beschriebenen Wechselstromeffekts bezweifelt wird mit der Begründung, daß meine Selenzellen anomalen Charakter gezeigt hätten. Herr FÜRSTENAU macht sodann Angaben über den normalen Charakter seiner Selenzellen, ohne indessen einen Versuch über das Vorhandensein des Wechselstromeffektes an eben diesen Zellen auszuführen.

Es ist nun bekannt, daß der Lichteffekt sowohl bei normalen als bei anomalen Zellen in gleicher Weise auftritt. Berücksichtigt

[1]) Fortsetzung der beiden Arbeiten H. GREINACHER, Verh. d. D. Phys. Ges. 18, 117, 1916 und H. GREINACHER und C. W. MILLER, ebenda, S. 283, 1916; in der Folge unter l. c. I und l. c. II angeführt.

[2]) R. FÜRSTENAU, ebenda, S. 184, 1916.

Digitized by Google

man ferner die festgestellte Analogie zwischen Licht- und Wechselstromeffekt, so kann es wenig wahrscheinlich erscheinen, daß letzterer nur vom Grade der Anomalität abhängen wird. Auch sind inzwischen (l. c. II) weitere Wechselstromversuche mitgeteilt worden, welche gegen eine solche Vermutung sprechen. Immerhin möchte ich, bevor auf das eigentliche Thema dieser Arbeit eingegangen werden soll, einige Versuche über die Frage des Zellencharakters mitteilen, um so mehr, als Herr FÜRSTENAU selbst so liebenswürdig war, mir zwei von seinen Selenzellen zu Versuchszwecken zu überlassen. Sie seien im Anschluß an die früher gebrauchten Bezeichnungen mit S_6 und S_7 bezeichnet. Beide Zellen waren vom BIDWELLschen Typus. Die 0,15 mm dicken Elektrodendrähte (sehr wahrscheinlich Ni) waren auf Speckstein aufgewickelt; das Selen war durch einen paraffinähnlichen Überzug vor der Luftfeuchtigkeit geschützt. Die Zellen wurden sorgfältig isoliert in lichtdichten Pappschachteln montiert, welch letztere außerdem noch je nach Bedarf zum thermischen Schutz in Watte eingehüllt wurden. Die Widerstände waren für S_6 (16,5° C) 32400 Ω, für S_7 (16,3° C) 25000 Ω.

Zunächst interessierte der Wechselstromeffekt. Dieser ließ sich, wie nicht anders erwartet, an beiden Zellen nachweisen. Die Intensität war von derselben Größenordnung wie bei meinen ursprünglichen Zellen. Dabei war die Versuchsanordnung die früher benutzte (l. c. I, S. 122). Hinter die Zellen wurde ein regulierbarer Widerstand gesetzt, so daß der Gesamtwiderstand dieses Brückenzweiges bei S_6 40000 Ω, bei S_7 30000 Ω betrug. Die Widerstandsverhältnisse in der WHEATSTONEschen Brücke waren demnach 1000:10000 = 4000:40000 bzw. 3000:30000.

In Fig. 1 sei eine Kurve für S_7 wiedergegeben. Erst wurde die Brücke mit Gleichstrom abgeglichen. Nach drei Minuten wurde dann der Wechselstrom superponiert, worauf man diesen nach weiteren fünf Minuten abstellte. Als Ordinaten sind direkt die Ausschläge des Drehspulgalvanometers (Empfindlichkeit $3{,}8 \cdot 10^{-10}$ Amp./mm) aufgetragen.

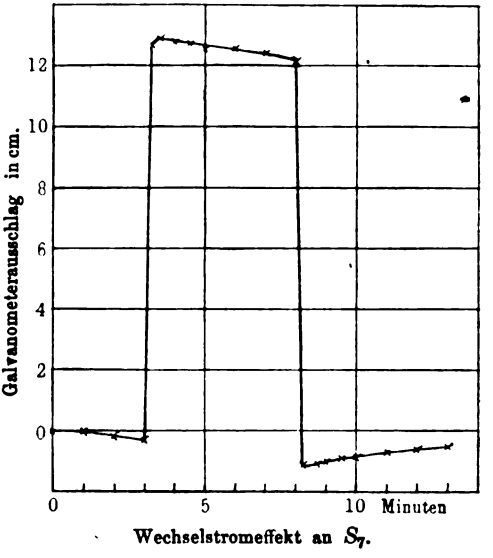
Man erkennt ohne weiteres, daß der Verlauf der Kurve genau ebenso ist, wie dies früher für S_3 und S_4 gefunden wurde (l. c. I, S. 129). Man erhält auch hier mit dem Einsetzen des Wechselstromes eine plötzliche Stromvergrößerung, sodann eine gewisse Ermüdung. Nach Ausschalten des Wechselstromes sinkt der

Digitized by Google

Strom momentan etwas unter den ursprünglichen Wert, um dann langsam auf diesen zurückzukehren [1]).

Im folgenden seien nun noch einige Angaben über den Charakter von S_6 und S_7 gemacht. Zeigt eine Selenzelle spontan oder infolge irgendwelcher Beanspruchung Änderungen ihres Widerstandes, so ist dies ein deutliches Anzeichen eines anomalen Charakters. Es war daher zu prüfen, ob S_6 und S_7 nach Einschalten eines Gleichstromes einen konstanten Dunkelwiderstand zeigten. Die Zellen wurden zu dem Zwecke wie vordem in der Wheatstonebrücke mit den genannten Widerstandsverhältnissen gemessen. Nach Anlegen von 2 Volt wurde die Brücke rasch abgeglichen, worauf man die Änderungen des Galvanometerausschlages bei dauernd eingeschaltetem Strom beobachtete. Einige Beobachtungsreihen für S_6 und S_7 sind in Fig. 2 eingetragen. Man sieht, daß bei beiden Zellen sich der Widerstand mit der Zeit ändert, der Strom also einen Einfluß auf den Widerstand ausübt. Und zwar geht bei beiden Zellen der Widerstand erst in die Höhe, um dann nach Überschreiten eines Maximums langsam abzunehmen. Das anfängliche Ansteigen ist nach Ries [2]) zum Teil als scheinbare Widerstandsvergrößerung durch Polarisation der Zellen aufzufassen. In der Tat konnte auch

Fig. 1.



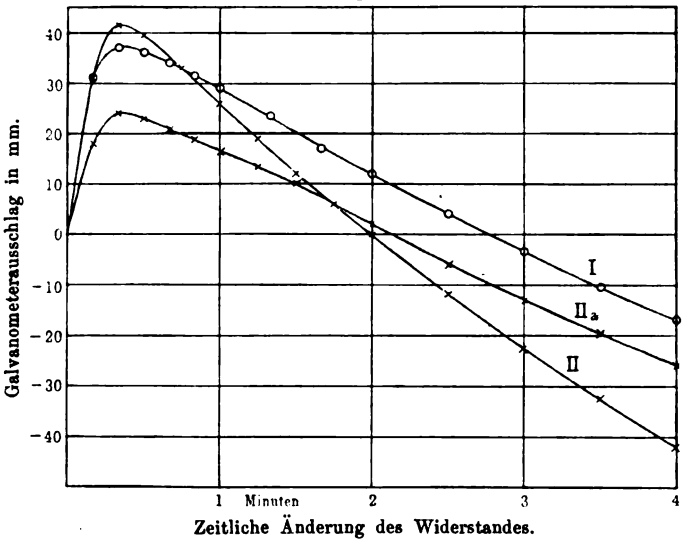
[1]) Die Ermüdung dürfte auf die bekannte Erscheinung zurückzuführen sein, daß der Widerstand von Selenzellen nach Behandlung mit Wechselstrom vorübergehend größer ist als vorher. Vgl. Ries, Die elektrischen Eigenschaften und die Bedeutung des Selens für die Elektrotechnik, 2. Aufl. 1913, S. 40 u. 103.

[2]) Ries, l. c., S. 58.

Digitized by Google

an beiden Zellen ein Polarisationsstrom nachgewiesen werden. Da die Polarisierbarkeit stark vom Feuchtigkeitsgehalt der Zellen abhängt, wurde S_7 in einen Exsikkator mit metallischem Natrium gebracht und der Widerstandsverlauf nochmals untersucht. Nachdem die Zelle drei Tage im Exsikkator war, wurde Kurve IIa erhalten. Die Widerstandszunahme im Anfang war also nicht verschwunden, jedoch bedeutend kleiner als vorher. Auch die Polarisation war noch in geringem Maße vorhanden. Die zeitliche Widerstandsänderung bestand also in einer rasch verlaufenden Zunahme infolge von Polarisation und einer gleichzeitig erfolgenden

Fig. 2.



Zeitliche Änderung des Widerstandes.

I. für S_6. 68 mm entsprechen 100 Ω. An der Brücke 2 Volt. II. für S_7. 48 mm entsprechen 100 Ω. An der Brücke 0,9 Volt. IIa. für S_7 im Exsikkator.

langsamen Abnahme. Dieser Kurvencharakter fand sich, welches auch die Zimmertemperatur oder -feuchtigkeit war, stets wieder. Wurde nach längerem Stromdurchgang der Widerstand für kommutierten Strom gemessen, so ergab sich dieser kleiner. So betrug der Widerstandsunterschied für S_6 nach 30 Minuten Polarisation einige Hundert Ohm.

Alle Versuche zeigten also, daß S_6 und S_7 in der gleichen Weise anomale Eigenschaften besitzen wie die früher benutzten Zellen. Nur graduell weichen die Zellen voneinander ab. S_6

Digitized by Google

und S_7 ergeben relativ geringe Widerstandsänderungen (vgl. l. c. I, S. 119). Das anfängliche Ansteigen beträgt keine 100 Ω; nach zwei bis drei Minuten ist der Widerstand sogar wieder der anfängliche. Sodann sinkt er auf einen Wert, welcher der Größenordnung nach etwa 100 Ω kleiner als der Anfangswert ist. Führt man daher die Messungen nur mit mäßiger Genauigkeit durch, so kann der Widerstand als zeitlich konstant erscheinen. Ob man anomale Eigenschaften entdeckt, hängt somit ganz von der Empfindlichkeit der Meßanordnung ab. Man wird allgemein annehmen dürfen, daß die meisten, wenn nicht alle Selenzellen anomale Eigenschaften besitzen, daß also die Bezeichnungen normal und anomal mehr praktische als theoretische Bedeutung beanspruchen können. Seinerzeit hatte ich die Zelle S_4 als ausgesprochen anomal bezeichnet. Damit sollten natürlich den übrigen Zellen anomale Eigenschaften nicht abgesprochen werden, wie das Herr FÜRSTENAU (l. c.) schließen zu müssen glaubt. Nur ist eben die Grenze, von welcher an man eine Zelle als ausgesprochen normal bezeichnen will, ziemlich willkürlich. Bei genügender Meßgenauigkeit können, wie eben gezeigt wurde, auch Zellen wie S_6 und S_7 als anomal angesprochen werden. Immerhin sind die Widerstandsänderungen hier so gering, daß es nicht ohne Interesse war, die Unabhängigkeit des Wechselstromeffektes von der Anomalität auch in diesem Falle zu bestätigen. Licht- und Wechselstromeffekt zeigen also auch hierin eine weitgehende Analogie.

§ 2. Der Polarisationsstrom. Sendet man durch eine Selenzelle von anomalem Charakter einige Zeit Gleichstrom und schließt sodann die Zelle über ein Galvanometer, so beobachtet man einen Polarisationsstrom. Im allgemeinen ist dieser um so größer, je mehr Feuchtigkeit die Zellen enthalten (l. c. I, S. 120). Unter Umständen soll aber nach POCHETTINO[1]) auch ohne Feuchtigkeit ein „Sekundärstrom" vorhanden sein. Schon POCHETTINO beobachtete einen Einfluß des Lichtes auf diesen Sekundärstrom. Mit Rücksicht auf den im folgenden behandelten Gegenstand schien mir nun die Frage von Interesse, ob der Einfluß des Lichtes sich durch die Widerstandsänderung des Selens oder etwa durch eine Wirkung auf die Polarisationsspannung erklären läßt.

---

[1]) A. POCHETTINO, Nuovo Cimento (5) **16**, 381, 1908; Beibl. d. Ann. **33**, 993, 1909.

Digitized by Google

Zu den Versuchen wurde die übliche Schaltung (Fig. 3), jedoch in zwei Varianten verwendet. Dem Galvanometer (Empfindlichkeit $3{,}8 \cdot 10^{-10}$ Amp./mm, Widerstand 10000 Ω) wurde nämlich entweder ein Widerstand W_1 (240000 Ω) vorgeschaltet, oder ein Widerstand W_2 (10000 Ω) parallel geschaltet. Den Einfluß der Belichtung und Abdunkelung auf den Polarisationsstrom zeigt Fig. 4. An die Selenzelle S_6 (33800 Ω bei 15° C) wurde während 10 Minuten 2 Volt angelegt. Darauf verband man sie mit dem Galvanometer (W_1 eingeschaltet, W_2 weg). Man erhielt einen großen Ausschlag, der rasch abnahm. Nach einer Minute wurde die Selenzelle mit einer 50kerzigen Glühlampe aus 50 cm Entfernung

Fig. 3.

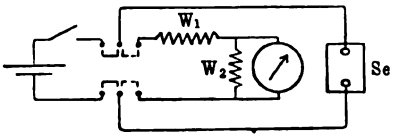
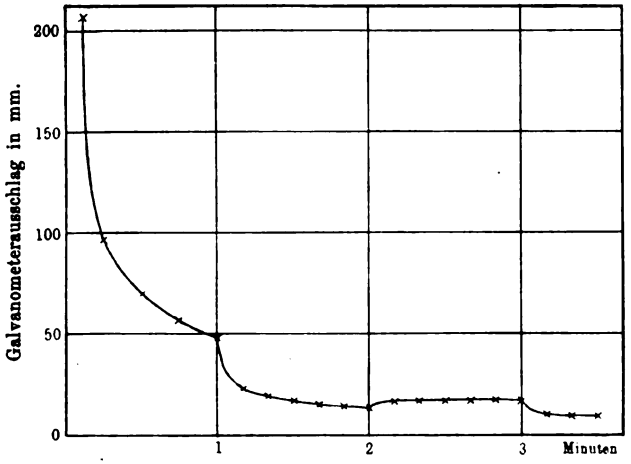


Fig. 4.



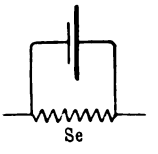
Abklingen des Polarisationsstromes für S_6 bei abwechselnder Belichtung und Verdunkelung.

belichtet. Der Polarisationsstrom ging momentan zurück. Die Abklingungskurve verlief niedriger. Nach zwei Minuten wurde wieder abgedunkelt. Ein leichtes Wiederansteigen des Stromes war die Folge. Ein weiteres Belichten nach drei Minuten bewirkte wieder ein Sinken des Stromes.

Digitized by Google

Die Erscheinung erklärt sich ungezwungen auf folgende Weise. Eine polarisationsfähige Zelle ist nach allen bisherigen Erfahrungen als ein Selenwiderstand aufzufassen, zu dem ein Elektrolyt (Feuchtigkeit auf oder im Selen) parallel geschaltet ist. Wir haben uns also schematisch eine solche Selenzelle als einen Selenwiderstand mit parallel geschalteter Polarisationszelle vorzustellen (Fig. 5). Verbindet man eine solche polarisierte Zelle mit einem Galvanometer, so hängt der gemessene Strom ganz von der Größe des eigentlichen Selenwiderstandes ab. Wird derselbe durch Licht herabgesetzt, so fließt ein größerer Teil des Polarisationsstromes durch den Selenwiderstand, der Strom im Galvanometer nimmt ab (siehe Fig. 4). Das Umgekehrte tritt bei Verdunkelung ein.

Fig. 5.



Der Polarisationsstrom geht also zum einen Teil durch den Selenwiderstand selbst, zum anderen Teil durch den äußeren Schließungskreis. Der Einfluß einer Belichtung des Selens mußte sich demnach ganz verschieden stark zeigen je nach dem Verhältnis der beiden Widerstände (Schließungskreis, Selen). Bei großem Widerstand im Schließungskreis mußte die Belichtung (Verminderung des Selenwiderstandes) einen viel größeren prozentualen Abfall des am Galvanometer gemessenen Stromes bewirken, als bei kleinem.

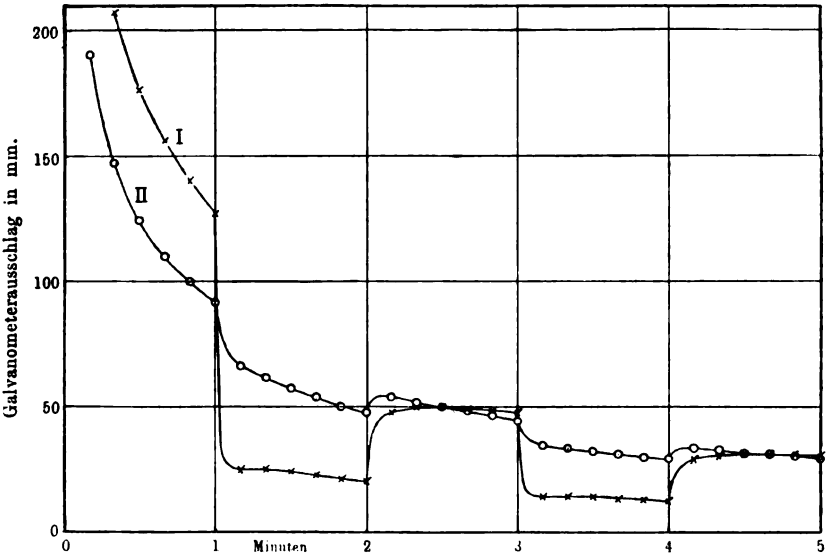
Diese Konsequenz wurde auf folgende Weise geprüft. Es wurde die Abklingungskurve zweimal aufgenommen, einmal mit vorgeschaltetem W_1 (Schließungskreis 250000 Ω), einmal mit parallel geschaltetem W_2 (Schließungskreis 5000 Ω). In beiden Fällen waren die Anfangsausschläge des Galvanometers von ungefähr gleicher Größe. Die beiden Kurven der Fig. 6 zeigen deutlich den erwarteten Unterschied. Der Einfluß des Lichtes ist bei großem Galvanometerwiderstand um das Mehrfache größer als bei kleinem! Der Effekt läßt sich ohne Schwierigkeit durch die Widerstandsverminderung des Selens durch Licht erklären, ohne daß eine Beeinflussung der Polarisationsspannung angenommen werden müßte.

Auch weitere Versuche, bei denen die Zellen im belichteten Zustande polarisiert wurden, bestätigten diese Anschauung. Es wurde die Zelle einmal bei Verdunkelung polarisiert, worauf man rasch belichtete und den Polarisationsstrom maß. Ein zweites

Digitized by Google

Mal wurde bei Belichtung polarisiert und wie vorhin bei Belichtung gemessen. Man erhielt nahezu dieselben Werte. Auch der umgekehrte Versuch, daß man einmal bei Verdunkelung und

Fig. 6.



Einfluß des Lichtes auf den Polarisationsstrom an S_4.
I. bei großem, II. bei kleinem Widerstand des Schließungskreises.

einmal bei Belichtung polarisierte und in beiden Fällen bei verdunkelter Zelle maß, wurde ausgeführt. Die Werte sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Zelle	Polarisationsstrom in mm. 1 Minute polarisiert			
	bei verdunkelter Zelle, bei der Messung		bei belichteter Zelle, bei der Messung	
	verdunkelt	belichtet	verdunkelt	belichtet
S_4	220 (148)	70	140	65 (123)
S_6	133	30	70	32

Wie ersichtlich, stimmen die Kolonnen 2 und 4 recht gut überein. Bei 1 und 3 erhält man, wie es erwartet wurde, be-

Digitized by Google

trächtlich höhere Werte. Die Zahlen unter 3 sind jedoch gegenüber 1 bedeutend niedriger. Da hingegen bei 3 vor der Messung erst verdunkelt werden mußte, im Licht aber die Depolarisation infolge des herabgesetzten Selenwiderstandes sehr rasch erfolgt, so lassen sich die zu klein ausfallenden Werte leicht erklären. Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf den Fall, wo statt des Vorschaltwiderstandes W_1 der parallel geschaltete Widerstand W_2 verwendet wurde. In Übereinstimmung mit den früheren sind dann sogar die Unterschiede zwischen Kolonne 1 und 4 nur klein.

Bei der Analogie zwischen Licht- und Wechselstromeffekt war es noch von Interesse, den Einfluß eines Wechselstromes auf die Depolarisation festzustellen. Hier ergab sich zunächst die Schwierigkeit, daß sich Gleichrichtereffekte über den Polarisationsstrom überlagern. Diese können größer sein als die Verminderung des Polarisationsstromes durch den Wechselstrom, so daß das Zuschalten eines Wechselstromes unter Umständen eine Erhöhung des Polarisationsstromes bewirken kann. Es wurde daher die Zelle in der einen und der anderen Richtung polarisiert. Im einen Fall addierte und im zweiten subtrahierte sich der stets in derselben Richtung erfolgende Gleichrichtereffekt. Durch Mittelnehmen erhielt man dann den reinen Einfluß des Wechselstromes auf den Polarisationsstrom. Es wurde in der Tat gefunden, daß ein solcher vorhanden ist und zwar im selben Sinne wie bei der Belichtung.

§ 3. Die Polarisationsspannung. Beobachtet man den Polarisationsstrom nach Umlegen der Wippe (Fig. 3), so mißt man bei rasch verlaufender Depolarisation bzw. geringer Polarisationskapazität nur mehr einen geringen Bruchteil der anfänglichen Polarisationsspannung. Nach Anschauungen, die in jüngster Zeit von Herrn REICHINSTEIN [1]) entwickelt worden sind, war es nicht ohne Interesse, einige Versuche über die Polarisationsspannung auszuführen. Die bisher allgemein geteilte Anschauung ging dahin, daß die Polarisationserscheinungen im Selen sekundäre Bedeutung besitzen und für den Lichteffekt nicht verantwortlich sind. Meine Wechselstromversuche (l. c.) brachten nun um-

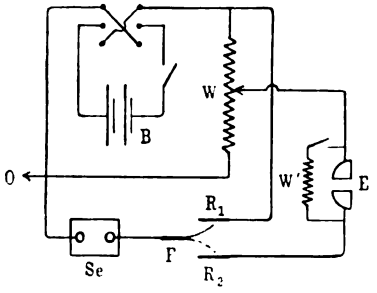
[1]) D. REICHINSTEIN, Zeitschrift für wissenschaftliche Photochemie und Photographie (in Veröffentlichung begriffen); auch Vortrag in der Chemischen Ges. Zürich, 10. Juli 1916.

Digitized by Google

gekehrt Herrn REICHINSTEIN auf die Idee, daß alle Seleneffekte auf Polarisationserscheinungen beruhen.

Wird an eine Selenzelle eine Batteriespannung V Volt angelegt, so bildet sich fast momentan eine Polarisationsspannung V'. Da infolgedessen nur noch die Spannung $V - V'$ wirksam ist, so wächst der Widerstand scheinbar. Ist V' sehr groß, so kann der scheinbare Widerstand außerordentlich viel höher sein, als der wahre, d. h. der im stromlosen Zustand vorhandene. Fällt Licht auf eine Selenzelle, oder schickt man Wechselstrom hindurch, so wird die Polarisationsspannung herabgesetzt, der Strom steigt und der Widerstand der Zelle nimmt scheinbar ab.

Fig. 7.



Herr REICHINSTEIN suchte diese seine Anschauung u. a. durch Polarisationsmessungen mittels eines rotierenden Kommutators zu beweisen. Es schien mir nun wünschenswert, einige weitere Untersuchungen über die Polarisation der Selenzellen auszuführen, insbesondere, da es sich nach Vorstehendem auch um eine neue Deutung meiner Versuche handelte. Ich schloß direkt an die (im gleichen Institut ausgeführten) Versuche des Herrn REICHINSTEIN an und verwendete denselben rotierenden Kommutator.

Die Schaltung ist in Fig. 7 wiedergegeben. Der Kommutator bestand aus zwei messingenen Radkränzen, deren Zähne, durch Ebonit voneinander isoliert, ineinandergriffen. Eine auf dem Rade schleifende Kupferfeder F berührte also in rascher Folge bald einen Zahn R_1 des einen, bald einen Zahn R_2 des anderen Radkranzes, und zwischen zwei Kontakten schleifte sie auf dem zwischengebetteten Ebonit. Sowohl die Breite der Zähne als die Breite der Ebonitzwischenlagen betrug 3 mm. Auf jedem Kranz saßen 51 Zähne. An den einen Radkranz (R_1) wurde die ganze Batteriespannung B angelegt; der andere war mit dem einen Quadrantenpaar eines Quadrantelektrometers E verbunden. Mittels des Abzweigwiderstandes W ließ sich ein beliebiges, zwischen O und der Batteriespannung liegendes Potential an das zweite Quadrantenpaar anlegen. Dieses wurde so lange variiert, bis das

Digitized by Google

Elektrometer keinen Ausschlag mehr zeigte. In diesem Falle war das Potential von R_2 gleich diesem Abzweigpotential.

Durch Antreiben des Kommutators mit einem Elektromotor wurde nun die Selenzelle in rascher Folge bald mit R_1, bald mit R_2 verbunden. Die Anzahl Kontaktschlüsse der Feder mit R_1 bzw. mit R_2 wurde akustisch bestimmt. Zu diesem Zwecke wurde die Umdrehungszahl jeweils so reguliert, daß ein an den Radkranz leicht angedrücktes Holzfederchen denselben Ton wie eine geeichte Stimmgabel gab.

Zunächst wurden einige Kontrollmessungen ausgeführt. Es wurde festgestellt, daß ein zu den Quadranten parallel geschalteter Widerstand W' von 1 Megohm die Messungsresultate nicht beeinflußte, nur die Empfindlichkeit der Kompensation herabsetzte. Es bedeutet tatsächlich ein solches Parallelschalten für die Meßanordnung nichts anderes, als die Vertauschung eines statischen Nullinstruments (Elektrometer) mit einem dynamischen (Galvanometer). Es ist zu bemerken, daß die Ebonitisolation zwischen R_1 und R_2 zu wünschen übrig ließ. Infolgedessen wurde erst geprüft, ob nicht hierdurch Potentiale an R_2 vorgetäuscht wurden. War das der Fall, so mußte ein an Stelle von *Se* gebrachter polarisationsfreier Widerstand scheinbar Polarisation zeigen. Man erhielt auch tatsächlich eine kleine Spannung (0,1 Volt). Da der Fehler jedoch klein war, so ließ er sich leicht durch Subtraktion von den Meßresultaten berücksichtigen.

Im folgenden seien nun einige an verschiedenen Zellen ausgeführte Messungen wiedergegeben. Die Bezeichnung der Zellen ist die frühere (l. c. I und II).

Unterbrechungszahl n	Batteriespannung in Volt	Polarisationsspannung in Volt					
		S_1	S_2	S_3	S_4	S_6	S_7
1536 [1])	12,6	0,9	0,0	0,2	4,0	0,7	0,4

Wie man sieht, sind die gemessenen Spannungen mit Ausnahme von S_4 nur gering. Die Messungen beanspruchen übrigens keine große Genauigkeit, da die Elektrometereinstellungen etwas

[1]) Die hier und im folgenden angegebenen Zahlen beziehen sich auf die Schwingungszahl der zur Abstimmung benutzten Stimmgabeln.

Digitized by Google

schwankten. Um einigermaßen konstante Werte zu bekommen, war es nötig, den Druck der Schleiffeder F genügend stark zu nehmen. Der gemessene Wert konnte ferner differieren, je nach der Richtung, in der die Selenzelle polarisiert wurde.

Wurde die Batteriespannung auf 21 Volt erhöht, so nahm die Polarisationsspannung zu, bei S_4 auf 6 Volt in der einen, auf 7 Volt in der anderen Richtung. Die Zelle S_5 zeigte sogar über 10 Volt. Die Werte waren also bedeutend höher, als bei einer galvanischen Polarisation erwartet werden konnte. Um möglichst hohe Werte zu bekommen, mußte die Unterbrechungszahl hinreichend groß genommen werden. Doch hatte schließlich eine Vergrößerung nur mehr einen geringen Einfluß, wie folgende Zahlen für S_4 zeigen mögen:

	c_1	g_1	c_2	g_2	c_3	g_3
n	256	359	512	718	1024	1536
Volt	5,35	5,8	6,3	6,5	7,1	7,25

Mit der Erklärung dieser ungewöhnlich hohen Zahlenwerte beschäftigten sich nun die zunächst folgenden Versuche. Bevor man an eine Besonderheit der Polarisation in Selenzellen denken durfte, schien es mir wichtig, den Einfluß elektrostatischer Kapazität zu prüfen. Ersetzt man nämlich in der Versuchsanordnung die Selenzelle durch einen Kondensator, so erhält man ebenfalls scheinbar eine Polarisationsspannung. Diese war bei $10^{-4}\,\mu$F bis auf 2 Proz. gleich der Batteriespannung (12,6 Volt). Auch wenn dem Kondensator ein Drahtwiderstand parallel geschaltet wird, beobachtet man eine, wenn auch entsprechend kleinere Spannung. So wurden z. B. bei einem nicht kapazitätsfrei gewickelten Widerstand von 100000 Ω 2,5 Volt gemessen. Auch eine Selenzelle kann nun als ein Kondensator mit parallel geschaltetem Widerstand aufgefaßt werden. Abgesehen von jeder Polarisation wird dann eine scheinbare Polarisationsspannung auftreten, die um so höher ist, je größer einerseits die Kapazität und andererseits der Widerstand der Zelle ist.

Um dies zu prüfen, wurde die Kapazität von S_4 durch Parallelschalten von $1{,}7 \cdot 10^{-3}\,\mu$F künstlich erhöht. Dadurch stieg die Spannung von 4 Volt auf 4,8 Volt. Bei anderen Versuchen wurde der Widerstand der Zelle künstlich vermindert; in diesem Falle

Digitized by Google

war eine Abnahme der Spannung zu erwarten. Es wurde S_4 mit 21 Volt und einer Unterbrechungszahl von 1024 polarisiert. Man erhielt eine scheinbare Polarisationsspannung von 5,2 Volt. Darauf wurden der Zelle 16000 Ω parallel geschaltet. Die Spannung sank auf 1,3 Volt. Bei Parallelschaltung von 8000 Ω betrug sie sogar nur noch 0,6 Volt.

Darauf wurde die Zelle S_5 untersucht. Diese Zelle besaß infolge ihrer Kondensatorform (l. c. II) eine ziemliche Kapazität. Da außerdem der Widerstand sehr hoch war, so waren alle Bedingungen für eine hohe scheinbare Polarisation gegeben. Diese betrug in der Tat nach obigem, bei 21 Volt und $n = 1024$ gemessen, über 10 Volt. Mit dieser Zelle wurde nun der Einfluß des Widerstandes in der Weise untersucht, daß man bei verschiedener Temperatur maß. Da der Widerstand bei höherer Temperatur geringer war, so mußte dann auch die gemessene Spannung kleiner ausfallen.

Unter Verwendung von 12,6 Volt und $n = 512$ wurden folgende Werte erhalten: bei 17° C 7,0 Volt (7,7), bei 41° C 5,0 Volt (5,7), nach Wiederabkühlung auf 18,5° C 6,6 Volt (7,1). Die eingeklammerten Zahlen bedeuten dabei die Werte bei kommutierter Selenzelle.

Wie ersichtlich, bestätigten die Messungen auch hier die Voraussetzungen. Bei der Temperaturerhöhung sinkt die Spannung, bei der Wiederabkühlung kehrt sie auf nahezu den früheren Wert zurück. Der noch vorhandene Unterschied zwischen Anfangs- und Endwert ist dabei zum Teil auf die Trägheit der Widerstandseinstellung in Selenzellen zurückzuführen. Die Dauer des ganzen Versuchs betrug etwa $^3/_4$ Stunden.

Der Vollständigkeit halber seien noch einige Messungen mitgeteilt, bei denen hinter (bzw. vor) die Selenzelle ein polarisationsfreier Widerstand geschaltet war. Man bekam für S_4 bei 21 Volt und $n = 1024$:

	Ohm vorgeschaltet				
	0	$5 \cdot 10^3$	10^4	10^5	10^6
Volt . .	5,9	5,1	4,75	2,3	1,1

Digitized by Google

Es ist klar, daß ein Zuschalten eines Widerstandes mit einer Vergrößerung des inneren Widerstandes nicht gleichbedeutend war. Im ersteren Falle bewirkte man vielmehr eine Verkleinerung der an den Selenelektroden wirksamen Klemmspannung und damit eine Verminderung der erzielten (scheinbaren) Polarisationsspannung. Bei einer Erhöhung des Zellenwiderstandes erhält man jedoch, wie die Versuche an S_5 zeigten, die zu erwartende Vergrößerung.

Einfluß des Lichtes. Vorstehende Versuche haben gezeigt, daß die mit rotierendem Unterbrecher gemessenen Spannungen sich zusammensetzen aus wirklichen Polarisationsspannungen und aus Kapazitätswirkungen. Welches nun auch der Anteil der einen und der anderen Erscheinung am beobachteten Effekt sein möge, so wird der Einfluß einer Belichtung auf die Resultate leicht anzugeben sein. Die Belichtung bewirkt eine Verkleinerung des Selenwiderstandes, der nach Fig. 3 der Polarisationszelle bzw. dem Selenkondensator parallel geschaltet gedacht werden muß. Der Einfluß des Lichtes auf die Polarisationsmessungen muß sich also in derselben Weise äußern, wie bei der Parallelschaltung eines Widerstandes zur Selenzelle.

Es wurde S_4 mit einer 50kerzigen Glühlampe in 0,5 m Abstand belichtet. Wie die Messung ergab, verringerte sich hierdurch der Zellenwiderstand von 77000 Ω auf 13000 Ω. Die gemessene Polarisationsspannung sank zugleich von 5,3 Volt auf 1,5 Volt. Man erhielt also fast quantitativ dasselbe, wie bei dem früheren Versuch, bei dem der abgedunkelten Zelle S_4 ein Widerstand von 16000 Ω parallel geschaltet wurde. Eine Parallelschaltung von 16000 Ω zu 77000 Ω ergibt tatsächlich ebenfalls einen Gesamtwiderstand von etwa 13000 Ω. Die zugehörige Polarisationsmessung ergab seinerzeit 1,4 Volt.

§ 4. Belichtung und Polarisationsverlauf. Alle bisherigen Versuche hatten die Anschauung bestätigt, daß der Einfluß des Lichtes in einer Widerstandsverminderung des Selens besteht und daß die Polarisationserscheinungen nebenhergehen. Immerhin lag noch die Möglichkeit vor, daß die Polarisations- bzw. Depolarisationserscheinungen sehr rasch verlaufen, so daß man praktisch sofort nach Einschalten oder Ausschalten eines Gleichstromes den vollständig polarisierten bzw. depolarisierten

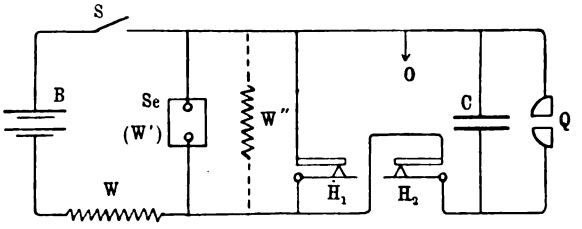
Digitized by Google

Selenwiderstand vor sich hat. Immer unter der Voraussetzung, daß die Lichtwirkung in einer Herabsetzung der Polarisationsspannung bestehe, hätte man dann folgendes erwarten können:

1. Müßte der Selenwiderstand bei der bekanntlich starken Lichtwirkung im stromlosen Zustande sehr viel kleiner (vielleicht 100 mal) sein als im stromdurchflossenen. Der Widerstand müßte also nach Stromschluß von einem relativ kleinen Anfangswert an zu einem relativ großen Endwert anwachsen. Dieses Anwachsen würde sich mittels einer genügend empfindlichen Anordnung nachweisen lassen.

2. Eine belichtete Zelle müßte im stromlosen Zustande denselben Widerstand zeigen wie eine unbelichtete. Nach Stromschluß würde sich aber infolge der Lichtwirkung eine geringere Polarisationsspannung ausbilden. Demgemäß müßte zwar der Anfangs-

Fig. 8.



wert des Widerstandes derselbe sein wie früher, der Widerstand würde aber zu einem viel kleineren Endwert wie unter 1 anwachsen.

Um diese Frage auch bei rasch verlaufenden Polarisationsvorgängen verfolgen zu können, verwendete ich einen HELMHOLTZschen Pendelunterbrecher. Die definitive Anordnung zeigt Fig. 8. Der Strom einer Akkumulatorenbatterie B von 21 Volt wurde über einen als polarisationsfrei befundenen Graphitwiderstand W und die Selenzelle Se geschlossen. Letzterer konnte ein induktions- und kapazitätsfreier Widerstand W'' (Siemens) parallel geschaltet werden. Das Zeitintervall zwischen dem Abschlagen der Kontakthebelchen $H_1 H_2$ konnte meßbar verändert werden. Zu dem Zwecke war H_1 auf einem Schlitten mit Mikrometerverschiebung montiert. Einem Mikrometerteil (100 Teile auf eine Umdrehung) entsprach ein Zeitunterschied von $3 . 10^{-6}$ Sekunden.

Digitized by Google

Q bedeuten die Quadranten des früher schon benutzten Quadrantelektrometers (idiostatische Schaltung). C ist ein parallel geschalteter Drehkondensator, dessen Kapazität gewöhnlich auf $0{,}001\,\mu$F eingestellt wurde. Dieser Kondensator hatte nur den Zweck, die Elektrizitätsmenge, die nach Öffnen von H_2 am Elektrometer lag, zu vermehren. Einesteils wurde hierdurch der Einfluß kleiner Isolationsfehler vermindert, anderenteils wurde dadurch ein elektrostatischer Schutz der Elektrometerleitung entbehrlich. Elektrostatische Einflüsse hatten bei der durch C vermehrten Kapazität keinen nennenswerten Einfluß mehr auf das Potential der Meßleitung. Das Quadrantelektrometer wurde ballistisch gebraucht, d. h. man beobachtete den ballistischen Ausschlag, den man nach Abschlagen des Kontaktes H_2 erhielt. Demgemäß wurde das Elektrometer dann (unter denselben Isolations- und Kapazitätsbedingungen) ballistisch auf Volt geeicht. Die Wirkungsweise ist aus Fig. 8 ersichtlich.

Bei angelegten Hebeln $H_1 H_2$ wurde der Strom bei S geschlossen. Se war also zunächst durch H_1 kurzgeschlossen. Nun wurden H_1 und H_2 nacheinander geöffnet. Das Elektrometer zeigte dann die in diesem Zeitintervall an der Selenzelle entstandene Klemmspannung an. Sofort nach Abschlagen der Hebel $H_1 H_2$ wurde übrigens S geöffnet, um eine länger dauernde Polarisation von Se zu vermeiden.

Für den Fall, daß sich die Selenzelle wie ein Ohmscher Widerstand verhielt, mußten die Meßresultate einfach die Ladungskurve für den Kondensator C ergeben. Wie eine einfache Rechnung zeigt, ergibt sich dann für die Klemmspannung V, die man t Sekunden nach Stromschluß durch die Selenzelle (Widerstand W') erhält:

$$V = V_0 \cdot \frac{W'}{W + W'} \left\{ 1 - e^{-\frac{t}{C}\left(\frac{1}{W} + \frac{1}{W'}\right)} \right\}.$$

V_0 ist die Batteriespannung.

Besitzt eine Selenzelle Polarisation, so wird diese Anstiegskurve etwas anders verlaufen. Es wurde nun weniger Wert darauf gelegt, diese Anstiegskurve genau zu bestimmen, als zu untersuchen, ob sich ein Unterschied bei verdunkelter und belichteter Zelle zeigte.

Digitized by Google

In § 2 und 3 wurde gezeigt, daß sich eine belichtete Selenzelle verhält wie eine verdunkelte, mit entsprechendem parallel geschalteten OHMschen Widerstand. Es lag daher nahe, zu prüfen, ob dieses Verhalten auch schon für die ersten Momente nach Stromschluß zutrifft. Zu dem Zweck wurde die Anstiegskurve einmal untersucht, wenn der Selenzelle ein Widerstand W'' parallel geschaltet war, und einmal, wenn die Zelle belichtet war. Für W'' wurde ein kapazitäts- und induktionsfreier Siemenswiderstand von 10000 Ω gewählt. Der Gleichstromwiderstand der verwendeten Zelle S_3 (58500 Ω) wurde dadurch künstlich auf 8550 Ω reduziert. Nach Aufnahme der Anstiegskurve wurde W'' entfernt und dafür S_3 mit einer Nitralampe (18 Lux) belichtet. Hierdurch wurde der Gleichstromwiderstand von S_3 auf denselben Betrag (8550 Ω) reduziert. Um die Belichtung während der immerhin länger dauernden Messungsreihe (eine bis zwei Stunden) möglichst konstant zu halten, wurde der Lampenstrom einer Akkumulatorenbatterie entnommen und seine Konstanz mittels einer empfindlichen Kompensationsschaltung dauernd geprüft. Trotzdem gelang es nicht, den Widerstand der belichteten Zelle völlig konstant zu halten (Ermüdungserscheinung). Um diese langsame zeitliche Veränderung zu eliminieren, wurde die Anstiegskurve einmal bei absteigenden und wieder bei aufsteigenden Zeiten bestimmt, worauf man das Mittel nahm.

Welches nun auch die Anstiegskurven bei unbelichteter und belichteter Zelle sein mochten, so mußten die Endwerte der erreichten Klemmspannung in beiden Fällen übereinstimmen. Dies bestätigten denn auch die Kurven. Nur war der Endwert bei belichteter Zelle (infolge kleiner Widerstandszunahme während der Belichtung) um ein Weniges (etwa 2 Proz.) größer. Um die Kurven miteinander vergleichen zu können, wurden daher alle Werte bei belichteter Zelle im Verhältnis der Endwerte reduziert.

Das Resultat zeigen die Kurven in Fig. 9. Dieselben sind als Spiegelbild zueinander gezeichnet. Zunächst erkennt man, daß die Endwerte mit den theoretisch für Dauerstrom zu erwartenden sehr gut übereinstimmen. Es berechnet sich nämlich

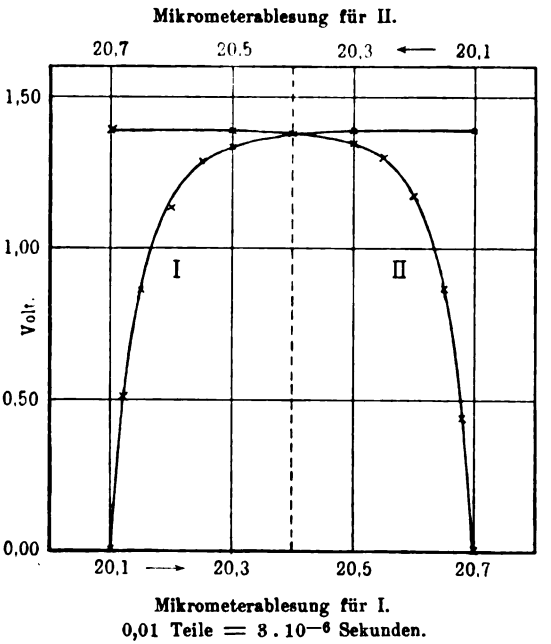
$$V = \frac{21{,}13 \cdot 8550}{129500} = 1{,}39 \text{ Volt.}$$

*

Digitized by Google

Also schon nach etwa $40.3.10^{-6} = 1{,}2.10^{-4}$ Sekunden verhält sich der Selenwiderstand schon wie bei Dauerstrom. Nun stimmen aber die Werte der Anstiegskurve nicht nur am Ende, sondern, soweit herunter dieselben sich verfolgen lassen, praktisch überein. Auf keinen Fall zeigen sich in den ersten Millionstel Sekunden nach Stromschluß Anzeichen von jenem enormen Unter-

Fig. 9.



Anstieg der Klemmspannung an S_8. I. bei Parallelschaltung von 10000 Ω. II. bei Belichtung. $W = 121500\ \Omega$; $W' = 8550\ \Omega$; $V_0 = 21{,}13$ Volt.

schied, den man nach 2, Anfang § 4, erwarten müßte. Eine belichtete Selenzelle verhält sich vielmehr schon wenige Millionstel Sekunden nach Stromschluß genau wie eine Zelle mit parallel geschaltetem Widerstand. So lange also nicht bei noch kürzeren Zeiten merkliche Abweichungen gefunden werden, liegt keine Veranlassung vor, die übliche Anschauung von der Widerstandsverminderung des Selens im Lichte aufzugeben.

Digitized by Google

Die Kurven stimmen übrigens im einzelnen mit der oben angeführten Formel (Ladungskurve) überein, sofern man für C eine größere Kapazität einsetzt, als dem Drehkondensator (0,001 μF) entspricht (Kapazität der Zelle, Zuleitungen, Elektrometer). Die eigentliche Polarisationskurve kann sich über bedeutend längere Zeiten als die Ladungskurve erstrecken, was sich durch ein langsames Ansteigen der letzteren auch nach Erreichung des eigentlichen Endwertes (namentlich bei S_4) feststellen ließ.

Anstiegskurven wie für S_3 wurden auch für S_4 und S_6 bestimmt. Sie führten alle zu demselben Ergebnis.

Zum Schluß sei noch auf den Einfluß hingewiesen, den unter Umständen die Kapazität von Drahtwiderständen ausüben kann. Als man bei einigen Versuchen statt des Siemenswiderstandes (10000 Ω) einen Elliotwiderstand von 10000 bzw. 20000 Ω verwendete, ergab sich eine viel flacher verlaufende Anstiegskurve. In diesem Falle fielen auch die Kurven in Fig. 9 nicht gleich aus. Der Unterschied erklärte sich durch die nicht unbeträchtliche Kapazität des Elliotwiderstandes.

Um dies zu zeigen, wurden die Anstiegskurven ohne Selenzelle aufgenommen und zwar an Stelle derselben erstens mit 10000 Ω Siemens, zweitens mit 10000 Ω Elliot und drittens mit 10000 Ω Siemens und parallel geschaltetem Kondensator von 0,01 μF. Man erhielt folgende Zahlen:

Zeit in Mikrometerteilen	Siemens 10000 Ω	Siemens 10000 Ω 0,01 μF parallel	Elliot 10000 Ω
5	64,5	—	17
10	124,5	20	27,5
15	152	35	47
20	162,5	—	57
30	171	70	82
40	172	93,5	97,5
50	—	108,5	112,5
70	—	—	136
80	—	141,5	—
90	174	—	152
110	—	161	—
500	—	—	173

Digitized by Google

Man erkennt, daß der Siemenswiderstand den aus Fig. 9 ersichtlichen raschen Anstieg aufweist, der Elliotwiderstand aber einen weit flacheren Verlauf ergibt, der sich aber gut durch den Siemenswiderstand mit einem parallel geschalteten Kondensator nachahmen läßt. Aus den Versuchen geht somit hervor, daß es sehr wesentlich ist, kapazitätsfreie Widerstände zu verwenden, während andererseits, wie festgestellt wurde, das Vorhandensein von Selbstinduktion nur von geringem Einfluß ist.

Zusammenfassung. Es wurden die anomalen Eigenschaften „normaler" Selenzellen untersucht. Darauf wurde der Frage nach dem Einfluß von Licht und Wechselstrom auf die Polarisation der Selenzellen nähergetreten. Eine Belichtung vermindert, eine Verdunkelung erhöht den Polarisationsstrom. Der Effekt erklärt sich daraus, daß eine Selenzelle als ein Selenwiderstand mit parallel geschalteter Polarisationszelle aufzufassen ist. Das Licht setzt nicht die Polarisationsspannung herab, sondern vermindert den Widerstand des Selens.

In der Folge wurde die Polarisationsspannung mittels eines rotierenden Kommutators untersucht. Es ergaben sich zum Teil kleine, zum Teil sehr beträchtliche Werte. Diese setzen sich zusammen aus der wahren Polarisationsspannung und aus Potentialen, die durch Kapazitätswirkung zustandekommen. Ein Einfluß des Lichtes auf diese scheinbaren Polarisationsspannungen erklärt sich auf Grund der Versuche wiederum ungezwungen durch die Verminderung des Selenwiderstandes.

Zum Schluß wird der Verlauf der Polarisation kurz nach Stromschluß untersucht. Mittels des HELMHOLTZschen Pendelunterbrechers ließ sich zeigen, daß der Stromanstieg bei belichteter und unbelichteter Zelle in gleicher Weise erfolgt. Eine belichtete Selenzelle verhält sich somit nicht nur bei Dauerstrom, sondern schon in den ersten Millionstel Sekunden nach Stromschluß wie eine verdunkelte Zelle mit parallel geschaltetem OHMschen Widerstand. Der Einfluß des Lichtes ist also auch im Anfang, wo die Polarisation sich erst auszubilden beginnt, als Verminderung des eigentlichen Selenwiderstandes zu verstehen. Der Dunkelwiderstand der Zellen ist im übrigen schon unmittelbar nach Stromschluß praktisch gleich dem bei Dauerstrom. Es besteht daher keine Veranlassung, anzunehmen, daß der Selenwiderstand

Digitized by Google

im stromlosen Zustande sehr viel kleiner sei als im stromdurchflossenen. Die vorliegenden Versuche geben somit keinen Anhalt dafür, daß, wie Herr REICHINSTEIN es vermutet, der Lichteffekt in einer Beeinflussung der Polarisationsspannung bestehe. Vielmehr führen alle Versuche zu demselben Resultat, daß die Polarisationserscheinungen in Selenzellen im wesentlichen sekundärer Natur sind.

Zürich, Physik. Institut der Universität, März 1917.

Digitized by Google

Grundsätzliche Äußerung über die Stellung des mathematischen Unterrichtes an den höheren Knabenschulen.

I. Die Stellung des mathematischen Unterrichtes an den höheren Knabenschulen bedarf in zweifacher Hinsicht einer Prüfung:

1. Der Krieg hat gezeigt, daß die Mathematik sowohl als selbständige Wissenschaft wie als wirksamstes Werkzeug der Naturwissenschaft und Technik für die militärische und wirtschaftliche Kriegführung eine entscheidende Bedeutung gewonnen hat. In der Öffentlichkeit ist davon aus begreiflichen Gründen wenig bekannt geworden. Damit aber die Mathematik eine solche Auswertung gestattet, muß sie hinlänglich bekannt sein. Die militärische Ausbildung kann die notwendigen mathematischen Kenntnisse nicht geben, es muß also die Schule tun. Die Männer, die vornehmlich hier in Betracht kommen, sind aber frühere Schüler höherer Schulen. Die Berufsausbildung der aktiven Offiziere in mathematischer Hinsicht wird auch in Zukunft von der Mathematik der höheren Schulen abhängig sein, und der Reserveoffizier, der im Volksheer der Gegenwart und der Zukunft eine weit größere Rolle spielt als in früheren Kriegen, ist in seiner mathematischen Vorbildung gänzlich entweder auf die höhere Schule, vielfach sogar auf deren mittlere Klassen angewiesen, oder auf andere gehobene Schulen, wie etwa die Lehrerseminare, die hinsichtlich des mathematischen Unterrichtes enge Berührung mit den allgemeinbildenden höheren Schulen haben.

2. Ganz sicher werden wir nach dem Kriege in eine Periode gesteigerten wirtschaftlichen Kampfes kommen, in der die Ausnutzung aller Kräfte des Verstandes und der Sinne nationale Pflicht sein wird. Für diesen Kampf die jüngere Generation zu rüsten, ist die Mathematik unentbehrlich sowohl wegen ihrer verstandesbildenden Kraft als auch wegen der praktischen Anwendungen auf die Naturerkenntnis und Kulturentwickelung.

3. Vergleicht man mit dieser Sachlage die Äußerungen in der pädagogischen Presse, so ist festzustellen, daß die Bedeutung

Digitized by Google

der mathematischen Erziehung für die Bildung des jungen Mannes von den einen gänzlich verkannt, von den anderen einseitig nur in der logischen Schulung gesucht wird. Wenn die vielen Vorschläge, die eine Vermehrung der Stundenzahl anderer Fächer mit einer Verminderung des der Mathematik bisher eingeräumten Stundenausmaßes erkaufen wollen, durchdringen sollten, so würde das unserer Überzeugung nach von den unheilvollsten Folgen für unser nationales Bildungswesen sein.

II. Bei der Beurteilung der an den mathematischen Unterricht der höheren Schulen zu stellenden Anforderungen lassen wir hier mit Absicht einen Gesichtspunkt ganz aus dem Spiel: die zweckmäßige Vorbereitung der zukünftigen Mathematiker. Maßgebend ist für uns vielmehr einzig der allgemeine Erziehungswert der Mathematik und das Maß dessen, was der allgemein Gebildete von Zahl- und Raumgesetzen wissen sollte; darüber hinaus werden allerdings die an die mathematische Vorbildung von seiten der naturwissenschaftlichen und technischen Berufe zu stellenden billigen Anforderungen eine gewisse Berücksichtigung zu erfahren haben.

Als hauptsächlichste Erziehungswerte der Mathematik kommen nun in Betracht:

1. Die logische Schulung. Zwar ist auch die Grammatik eine Schule logischen Denkens; aber sie kann die Mathematik nicht ersetzen, dafür enthält sie zuviel alogische Elemente. Kein Unterrichtsfach ist so wie die Mathematik geeignet, im Schüler die Kräfte selbständigen und kritischen Urteilens zu wecken und zu entwickeln.

2. Die Ausbildung der räumlichen Anschauung. Wir wissen, daß die Kraft der räumlichen Anschauung nicht etwas Gegebenes ist, sondern entwickelungsfähig ist. Die vorhandenen Anlagen zu entwickeln ist Sache des mathematischen Unterrichtes. Der Zeichenunterricht ist in dieser Richtung ein Bundesgenosse der Mathematik. Aber auch hier heißt es: der Zeichenunterricht kann die Mathematik nicht ersetzen; die Darstellung räumlicher Gebilde nach mathematischem Gesetz ist eine wesentlich mathematische Aufgabe.

3. Die Entwickelung des Zahlensinnes. Daß eine Welt meßbarer Größen uns umgibt, daß wir nicht nur qualitative Urteile

Digitized by Google

abgeben, sondern quantitative Beziehungen herstellen, ist eine für unser Leben entscheidende Tatsache. Geübtheit im Umgang mit Größen ist unentbehrlich für jedes Verständnis und jede Beherrschung der Wirklichkeit geworden.

III. Besonders Nichtmathematiker fassen noch immer die logische Schulung als den einzigen oder doch als den vornehmsten Erziehungswert der Mathematik auf; sie sehen in der Strenge und Reinheit der logischen Schlußfolgerung den entscheidenden Wert der Mathematik. Welche Bedeutung die Ausbildung der räumlichen Anschauung hat, ist sehr viel später erkannt worden und auch heute noch nicht allgemein anerkannt. Mit der Entwickelung des Zahlensinnes liegt es noch ganz im argen. Alle höheren Berufe, die mit Größenmessung und -rechnung zu tun haben, sind einig in den Klagen über mangelhafte Vorbereitung in dieser Hinsicht. Der Krieg hat auch für die Kreise der allgemein Gebildeten die beiden zuletzt genannten Ziele stark in den Vordergrund gerückt. Allerdings soll und darf diesen zuletzt genannten Zielen gegenüber die logische Durchbildung keineswegs zurückgedrängt werden. Der Ausweg, in eine Revision des Stoffes einzutreten und das Entbehrliche über Bord zu werfen, ist nicht erfolgversprechend, weil bereits im Gefolge der Reformbewegung des letzten Jahrzehntes eine starke Sichtung des Lehrstoffes eingetreten und eine weitere Kürzung ohne Verkümmerung des ganzen Unterrichtes nicht mehr möglich ist. Dadurch häufen sich aber die Aufgaben, die dem mathematischen Unterricht gestellt werden. Unter diesen Umständen ist der Schluß unvermeidlich: wir brauchen mehr Zeit, als sie bisher zur Verfügung stand.

Es kommt noch eines hierzu: Der mathematische Unterricht steht, wie alle anderen Unterrichtsfächer mehr oder weniger auch, heute unter dem Zeichen der geistigen Selbstbetätigung. Es handelt sich nicht bloß um Aneignung des Stoffes, um Kenntnisse, sondern die Verarbeitung und die Beherrschung der Tatsachen und Methoden ist das Ausschlaggebende. Das gilt vom logischen Schließen, vom räumlichen Anschauen, von der Größenwertung. Die selbständig bearbeitete Aufgabe steht im Vordergrund. Das alles aber fordert weit mehr Zeit als ein bloßes Verstehen mathematischer Sätze und eine Aneignung von Kenntnissen.

Digitized by Google

IV. Es kann hier nicht die Absicht sein, von den Erziehungswerten der Mathematik ausgehend den mathematischen Lehrplan der verschiedenen Gattungen höherer Schulen zu formulieren und zu entwickeln, welche Kenntnisse und Fertigkeiten in den einzelnen Klassen zu fordern sind; das wird an anderer Stelle geschehen. Eine Grundlage für einen solchen Plan bilden die Arbeiten der in den letzten zwölf Jahren an die Meraner Vorschläge der Unterrichtskommission Deutscher Naturforscher und Ärzte anschließenden Reformbewegung.

Von den Gesichtspunkten, die für die Organisation der höheren Schulen und in diesem Rahmen für die Aufstellung des mathematischen Lehrplanes maßgebend sein sollten, scheinen uns die folgenden in Zukunft stärkere Beachtung finden zu müssen:

1. Die Zahl der mit der Reife für Obersekunda oder Prima abgehenden Schüler ist sehr groß und wird es bleiben. Es geht nicht an, auf sie keine Rücksicht zu nehmen, weil das Ziel der höheren Schulen die Reifeprüfung ist.

2. Während es eine Schulgattung gibt, an der nach der sprachlich-geschichtlichen Seite begabte Schüler ohne Veranlagung für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer durch Ausnutzung von Ausgleichungen gefördert werden können, gibt es keine Schulgattung, die gleiche Aufstiegsmöglichkeiten den einseitig für Mathematik und Naturwissenschaften beanlagten Schülern bietet. Eine größere Rücksichtnahme auf die freie Entwickelung einseitiger Begabung ist auch für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer zu fordern.

V. Es muß zugegeben werden, daß man mit Mehrforderungen an Stunden zurückhaltend bis zum äußersten sein soll, nicht nur in der Mathematik, sondern auch in allen anderen Fächern. Dieser Gesichtspunkt ist maßgebend, wenn wir uns hinsichtlich der Mathematik auf die folgenden sehr bescheidenen Mindestforderungen beschränken:

1. An den Gymnasien muß die Einschnürung in der Stundenzahl der Tertien fortfallen. Schon die Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte hat dringlich die Forderung erhoben, daß auch in den Tertien der Gymnasien ebenso wie in den anderen Klassen vier Stunden Mathematik zu erteilen sind. Nur dann wird es möglich sein, den Stoff so anzuordnen, daß in der Untersekunda eine Einführung in die

Digitized by Google

Körperlehre gegeben werden kann. Es ist ein höchst bedenklicher Zustand, daß heute die mit dem Einjährigenzeugnis oder mit der Primareife abgehenden Gymnasiasten, also ein beträchtlicher Prozentsatz der späteren Offiziere, ohne einen Unterricht in der die räumliche Anschauung ausbildenden Körperlehre die höhere Schule verläßt. Sie stehen darin unbedingt den Volksschülern nach.

2. In den Realanstalten ist an der Schulung der Raumanschauung in erster Linie der Linearzeichenunterricht beteiligt. Daß dieser heute mit zwei Stunden wahlfrei angesetzt ist, bedingt große Lehrplanschwierigkeiten, die noch durch die unglückliche Aufteilung des Unterrichts in ein künstlerisches und ein mathematisches Linearzeichnen vermehrt werden. Der Hauptfehler ist dabei der, daß die Förderung durch den Linearzeichenunterricht nicht der Gesamtheit der Schüler zugute kommt. Wir fordern demgegenüber von O II bis O I je eine Stunde pflichtmäßiges geometrisches Zeichnen, das im unterrichtlichen Zusammenhang mit dem mathematischen Unterricht steht, also von dem gleichen Lehrer erteilt wird.

Werden diese beiden Maßnahmen getroffen, dann wird davon nicht nur die Schulung der geometrischen Anschauung einen Vorteil haben, der ohne Einbuße des logischen Zieles erreicht wird; es wird dann auch möglich sein, genügend Zeit für die so notwendige Übung im numerischen Rechnen und damit die Schulung des Zahlensinnes bis in die obersten Klassen aller Schularten hinein zu gewinnen.

Der Deutsche Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht.

Digitized by Google

1917. *Heft 9/10.*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel
für reine Physik

Richard Assmann
für kosmische Physik

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn
1917

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 24 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Digitized by Google

Inhalt.

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Seite

Bericht über die Sitzung vom 25. Mai 1917 93

Bericht über die Sitzung vom 8. Juni 1917 94

Karl von Wesendonk, Über Vokalklänge. (Eingegangen am 14. Mai 1917) 95

2. Halbmonatl. Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik. I. Allgemeine Physik. S. 147 u. 161. — II. Akustik. S. 149 u. 163. — III. Physikalische Chemie. S. 150 u. 163. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 151 u. 165. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 153 u. 167. — VI. Wärme. S. 154 u. 168. — VII. Kosmische Physik. S. 156 u. 170.

Elektrische Mess-Instrumente

Meßbrücken — Galvanometer — Isolationsprüfer — Kabelmeßapparate — Kondensatoren — Widerstände Bandbremsen — Hochspannungsanzeiger nach Zipp — Selbstinduktions-Normalien — Kompensatoren

Kurvenindikator mit Registriertrommel

Land- und Seekabelwerke Aktiengesellschaft

Abt. Apparatebau — Cöln-Nippes

An die Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

1. Wissenschaftliche Mitteilungen, welche in einer Sitzung der Gesellschaft durch ein anwesendes Mitglied vorgelegt werden (§ 21 der Satzungen), erscheinen in der Regel binnen zwei bis drei Wochen in den „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft". Die Vorlage von Mitteilungen in einer Sitzung zu vermitteln, ist der Unterzeichnete jederzeit bereit. Die Mitteilungen sollen in der Regel den Umfang von 8 Druckseiten nicht überschreiten.
2. Anmeldungen von Mitgliedern (§ 13 der Satzungen) können an den Vorsitzenden der Gesellschaft, Herrn Prof. Dr. A. Einstein (Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstr. 13), an den Rechnungsführer, Herrn Prof. Dr. E. Jahnke (Berlin W 15, Darmstädterstr. 9) oder an den Unterzeichneten gerichtet werden.
3. Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt für Berliner Mitglieder 20 Mark, für auswärtige Mitglieder 10 Mark, wofür die „Verhandlungen" der Gesellschaft kostenlos geliefert werden. Für den Bezug der „Berichte" (Verhandlungen und Literaturverzeichnis) an Stelle der „Verhandlungen" allein zahlen die Mitglieder einen Zuschlag zu diesen Beträgen von **8 Mark** jährlich. — Alle Zahlungen werden aus dem Inlande durch Zahlkarte, aus dem Auslande durch Postanweisung unter der Adresse
Postscheckkonto: Professor Dr. E. Jahnke, Postscheckamt Berlin Nr. 13434
erbeten.
4. Die auswärtigen Mitglieder, welche die Einladungskarten (Tagesordnungen) für die einzelnen Sitzungen zu erhalten wünschen, haben hierfür eine Gebühr von 1,50 Mark jährlich, ebenfalls auf das obengenannte Postscheckkonto, zu zahlen.

Professor Dr. Karl Scheel, Berlin-Dahlem, Werderstraße 28
Postadresse: Berlin-Lichterfelde 3.

Digitized by Google

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

19. Jahrg. 30. Juni 1917. Nr. 11/12.

Sitzung vom 25. Mai 1917.

Vorsitzender: Hr. A. EINSTEIN.

Herr **Felix Ehrenhaft** spricht über das Thema:

Einiges aus der Physik des Milliontel Zentimeters

a) über die Frage nach der atomistischen Konstitution der Elektrizität;

b) über die Kräfte, welche die Strahlung auf die Materie überträgt.

Die Veröffentlichung erfolgt in der Physikalischen Zeitschrift.

Zur Veröffentlichung in den „Verhandlungen" der Gesellschaft ist eine Mitteilung eingegangen von Hrn. **K. v. Wesendonk**: Über Vokalklänge.

Als Mitglieder wurden in die Gesellschaft aufgenommen:

Hr. Dr. W. KUNZE, Bremen, Nordstraße 98.
(Vorgeschlagen durch Hrn. E. LÜBCKE.)

Hr. Oberlehrer STOFFERAN, Berlin-Karlshorst, Krausestraße 29.
(Vorgeschlagen durch Hrn. E. ALTENKIRCH.)

Digitized by Google

Sitzung vom 8. Juni 1917.

Vorsitzender: Hr. A. EINSTEIN.

Hr. **E. Gumlich** trägt vor:

über die Abhängigkeit der magnetischen Eigenschaften, des spezifischen Widerstandes und der Dichte einer Anzahl von Eisenlegierungen von der chemischen Zusammensetzung und der thermischen Behandlung.

Zur Veröffentlichung in den „Verhandlungen" der Gesellschaft ist eine Mitteilung eingegangen von Hrn. **M. Wolfke:** Eine Solarisationsmethode zur Messung der Zerstreuung der Kanalstrahlen.

Als Mitglieder wurden in die Gesellschaft aufgenommen:

Hr. cand. phil. HEINZ WEINNOLDT, Essen (Ruhr), Bismarckstr. 37, z. Z. Leutnant d. R. und Führer des Armee-Funker-Parks 19 (Deutsche Feldpost 690).
(Vorgeschlagen durch Hrn. E. TAKE.)

Hr. stud. phil. RUDOLF HUMM, Berlin W. 30, Motzstraße 17.
(Vorgeschlagen durch Hrn. A. EINSTEIN.)

Digitized by Google

Über Vokalklänge;

von Karl von Wesendonk.

(Eingegangen am 14. Mai 1917.)

Wir verdanken dem amerikanischen Physiker DAYTON CLARENCE MILLER[1]) mit reichen Hilfsmitteln unternommene und offenbar mit bemerkenswerter Sorgfalt und Genauigkeit durchgeführte harmonische Analysen von Luftwellen, wie sie verschiedenen Tönen und Klängen entsprechen. Dabei wurden auch die Klänge der Vokale eingehend berücksichtigt und Resultate erhalten, die sich in guter Übereinstimmung befinden mit Ergebnissen, zu welchen seinerzeit Verfasser[2]) gelangt war. Dieser erlaubt sich daher, in dem folgenden eine kurze Besprechung der dies Thema betreffenden Forschungen Professor MILLERS zu geben.

Die Aufnahmen der Luftschwingungen geschahen durch das nur 0,003 Zoll (0,076 mm) dicke gläserne Diaphragma eines Phonodeik genannten Apparates (S. 78—88; Fig. 66, S. 79 gibt schematische Darstellung, Fig. 67, S. 80 und Fig. 69, S. 86 geben Ansichten des Phonodeiks für photographische Aufnahmen und zu Demonstrationszwecken). Die maximale Elongation des Mittelpunktes des Diaphragmas[3]) betrug bei mittleren Schallstärken infolge der Änderung des Druckes in den Luftwellen etwa $^1/_{2000}$ Zoll (0,0127 mm), die größten vorkommenden erreichten $^1/_{1000}$ Zoll (0,0254 mm). Mittels einer sehr feinen, Vibrator genannten Transmission wird durch die Bewegung des Diaphragmazentrums eine proportionale Drehung eines winzigen Spiegels bewirkt. Dieser

[1]) The Science of Musical Sounds, by D. C. Miller, Professor of Physic, Case School of Science. New York, Macmillan 1916. Die Seitenangaben in der vorliegenden Arbeit beziehen sich auf dieses Werk.

[2]) K. VON WESENDONK, Über die Synthese der Vokale aus einfachen Tönen. Physik. ZS. **10**, 313—316, 1909.

[3]) Herr MILLER bemerkt S. 70, daß je nach Umständen Diaphragmen aus Eisen, Holz, Glimmer, Pergament, tierischem Gewebe, Gummi, Gelatine, Seifenhäutchen, Metallen, Glas hergestellt wurden. Es scheint also Glas auf Grund reiflicher Erfahrung und Überlegung gewählt worden zu sein. Bei den feineren Details der aufgenommenen Schallkurven machen sich noch Diaphragmabewegungen von unter $^1/_{100\,000}$ Zoll bemerkbar.

Digitized by Google

reflektiert einen sehr feinen Lichtzeiger, dessen Ende, eine 2500-malige Vergrößerung ergebend, auf einem bewegten Film hin und her schwingt. Bei Aufnahmen, welche zur harmonischen Analyse dienen sollen, beträgt die Geschwindigkeit des photographischen Films 40 Fuß (12,192 m) in der Sekunde. Für visuelle Beobachtungen wird ein Drehspiegel verwendet, welcher den Lichtzeiger auffängt und auf eine Mattscheibe wirft. Der Phonodeik registriert über 10000 Doppelschwingungen in der Sekunde, bei den Aufnahmen kommen aber nur bis 5000 in Betracht. Zur Bestimmung der Schwingungszahl gibt eine Stimmgabel in Abständen von $^1/_{100}$ Sekunde auf dem bewegten Film Lichtsignale. Die photographierten Schallkurven werden mit einer, nach Angaben von Henrici in London konstruierten Maschine[1]) harmonisch zerlegt (Fig. 74, S. 96, Fig. 75, S. 99 geben Ansichten des interessanten Apparates). Dazu muß die Länge einer zu untersuchenden Grundperiode 400 mm betragen. Die vom Phonodeik gelieferten Kurven werden daher auf einer optischen Bank in der richtigen Größe auf einen Schirm projiziert und dort nachgezeichnet (S. 108—109, Fig. 85). Die Henricische Maschine liefert, entsprechend der Fourier-Reihe (S. 94):

$$y = a_0 + a_1 \sin \Theta + a_2 \sin 2\Theta + \cdots a_n \sin n\Theta + \cdots b_1 \cos \Theta + b_2 \cos 2\Theta + \cdots b_n \cos n\Theta + \cdots,$$

wo y die Ordinate der zu analysierenden Kurve bezeichnet, die Koeffizienten a_n und b_n. Um nun die pendelartigen Schwingungen zu erhalten, aus denen die aufgenommenen Luftvibrationen zusammengesetzt sind, muß man je zwei Glieder der Fourier-Reihe ($a_n \sin n\Theta$ und $b_n \cos n\Theta$) vereinigen (S. 95), so daß diese nun lautet[2]):

$$y = A_1 \sin(\Theta + P_1) + A_2 \sin(2\Theta + P_2) + \cdots A_n \sin(n\Theta + P_n) + \cdots,$$

worin $\operatorname{tang} P_n = \frac{b_n}{a_n}$ und $A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$. Auch für diese Operationen sind mechanische Hilfsmittel vorgesehen (S. 104).

---

[1]) Der ursprüngliche Analysator nach Henrici lieferte 10 Komponenten, nach einem Umbau aber 30 solche (S. 100).

[2]) Dabei ist angenommen, durch geeignete Wahl der Abszissenachse sei erreicht worden, daß a_0 verschwindet. Wie diese geeignete Achse eventuell zu finden, wird S. 106—107 angegeben.

Digitized by Google

Zur Kontrolle der harmonischen Analysen werden mittels passender Apparate[1]) (Synthesizer, S. 110—120), die durch jene gelieferten pendelartigen Komponenten der ursprünglichen Schwingungskurve wieder vereinigt. Die so erhaltene zusammengesetzte Schwingungskurve wird alsdann mit der ursprünglichen verglichen und die mehr oder minder gute Übereinstimmung konstatiert. Mit wie gutem Erfolge solches im Falle des Klanges einer Orgelpfeife bei zwölf Komponenten gelungen, zeigt Fig. 99, S. 127.

Eingehend werden von S. 142—166 nun die Fehlerquellen[2]) der Phonodeikaufnahmen besprochen. Hierbei kommen in Betracht die Eigentöne des Diaphragmas unter Berücksichtigung der Art, auf welche dieses eingeklemmt und eingekapselt ist, ferner der Einfluß des Vibrators und vor allem auch des Schalltrichters. Dieser verzerrt sehr die aufgenommenen Schwingungen (besonders infolge seiner Eigentöne), Professor MILLER verzichtet indessen nicht auf denselben, weil er die Wirkung der Schallwellen auf das Diaphragma mehrere tausendmal verstärkt (S. 163). Es wird als vollbegründet angenommen, die Tonstärke sei proportional der Größe $(A_n \times n)^2$, wo A_n die Amplitude der pendelartigen Komponenten von der Schwingungszahl n in der Sekunde bedeutet. Die in Fig. 118, S. 144 gegebene Kurve stellt alsdann die Amplituden dar, welche bei verschiedenen Tonhöhen die gleiche Schallintensität ergeben (sog. ideale Kurve).

Von einem erfahrenen Orgelbauer erhielt Herr MILLER 61 Pfeifen zwischen den sekundlichen Schwingungszahlen 129 bis 4138, welche, geeignet angeblasen, gleich laute Töne ergeben. Diese wurden nun mit dem Phonodeik aufgenommen und die erhaltenen Amplituden als Ordinaten gegen die Logarithmen der sekundlichen Schwingungszahlen als Abszissen aufgetragen. Die so erhaltene Kurve (Fig. 116, S. 148) wich aber sehr stark von der in Fig. 113 gegebenen idealen Kurve ab. Es machten sich deutlich die Eigentöne des Schalltrichters und besonders auch

---

[1]) Fig. 87, S. 112 zeigt eine Maschine für die Synthese von 32 Komponenten.

[2]) Verfasser ist keine andere Arbeit bekannt, in welcher die Ursache der Verzerrungen der Diaphragmabewegungen so ausführlich diskutiert werden; es dürfte dieser Umstand als ein großer Vorzug der MILLERschen Untersuchungen erscheinen. Die schöne, von Herrn RAPS angegebene Methode, ohne Diaphragmen Schallkurven aufzunehmen, wird leider nicht erwähnt.

Digitized by Google

einer der Eigentöne des Diaphragmas[1]) bemerkbar (Fig. 126, S. 163). Die durch harmonische Analyse der Phonodeikaufnahmen direkt erhaltenen Amplituden der Komponenten müssen daher für jede Tonhöhe mit einem geeigneten Korrektionsfaktor multipliziert werden, damit sie den von der idealen Kurve geforderten Wert annehmen. Es wird dazu eine Korrektionskurve entworfen (Fig. 126, S. 163), welche für jede Schwingungszahl den betreffenden Faktor zu entnehmen gestattet. In den Fig. 131 und 132, S. 173 sind drei recht voneinander abweichende Aufnahmen desselben Pfeifenklanges mit verschiedenen Zusammenstellungen von Diaphragma und Schalltrichter dargestellt, deren durch harmonische Analyse erhaltenen Komponenten korrigiert wurden, worauf man sie mit dem Synthesizer wieder zusammensetzte. Anstatt der ursprünglichen recht verschiedenen Kurven erscheinen nunmehr drei praktisch identisch[2]). Wenn die durch harmonische Analyse von Klangaufnahmen des Phonodeiks erhaltenen Amplituden der einfachen Komponenten in der oben erwähnten Weise korrigiert werden, so erhält man daraus die den Ausdrücken $(A_n \times n)^2$ proportionalen richtigen Energien der den betreffenden Klang zusammensetzenden einfachen Töne. Eine graphische Darstellung, bei welcher als Abszissen die Logarithmen der Schwingungszahlen, als Ordinaten aber den Energien der Komponenten proportionale Längen aufgetragen werden, ergibt alsdann ein graphisches Bild des Klanges[3]). Manchmal werden die Enden der Ordinaten noch durch eine Kurve verbunden (Energiekurve des Klanges, Fig. 129, S. 169).

Von S. 215 bis 252 findet dann eine eingehende Besprechung der Vokaltöne statt. Nach einer kurzen Darlegung verschiedener, über den vorliegenden Gegenstand geäußerter Ansichten spricht sich Herr MILLER (S. 217) folgendermaßen aus: Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind in voller Übereinstimmung mit

---

[1]) Dieser, von MILLER mit D bezeichnet, hat eine Schwingungszahl von etwa 435. Die Vermeidung eines so tiefen Eigentones des Diaphragmas dürfte wohl wünschenswert erscheinen.

[2]) Bei jeder Veränderung am Phonodeik muß eine neue Korrektionskurve ermittelt werden, selbst der Aufstellungsort des Phonodeiks hat Einfluß (S. 83). Die Wände des Laboratoriums wurden mit Filz dick bespannt.

[3]) Fig. 160, S. 171 zeigt die Energieverteilung unter die Klangkomponenten desselben Grundtones für Stimmgabel, menschliche Stimme, Flöte, Violine, Horn.

Digitized by Google

HELMHOLTZ' Theorie und sind daher außer Harmonie mit SCRIPTURES Argumenten[1]). Jeder Vokal erscheint demnach charakterisiert durch ein bestimmtes Verstärkungsgebiet (Formantengebiet), welches unabhängig ist von dem Grundtone, auf dem der Vokal angegeben wird. Damit nun ein Klang als Vokal erscheint, muß er Komponenten besitzen, die innerhalb des für den Vokal charakteristischen Verstärkungsgebietes gelegen sind und eine genügende Intensitätsvermehrung erfahren. Dies letztere geschieht nach MILLER durch die Resonanz der beim Aussprechen oder Singen eines Vokales passend eingestellten Hohlräume des Mundes, Gaumens usw. Durch diese Resonanz wird kein Ton erzeugt, sondern nur vorhandene Töne verstärkt. Durch die Vibrationen der Stimmbänder bzw. des Stimmorgans muß also ein Klang hervorgerufen werden, welcher die zur Charakterisierung des Vokales nötigen, durch Resonanz zu verstärkenden einfachen Töne enthält. In der Tat sind die Sprachlaute an Obertönen reich (S. 242), was ja schon Herr GRASSMANN seinerzeit betonte. Herr MILLER konstatierte z. B. in einem Falle 20 Partialtöne, bei anderen Gelegenheiten 18 und 16, doch sind nicht immer alle aufeinanderfolgenden Obertöne deutlich vorhanden, sondern einzelne können daraus fehlen oder unmerklich schwach erscheinen. Dieser Umstand erklärt wohl die Besonderheiten der verschiedenen Stimmen. Beim Singen eines Vokales erfolgt also (nach MILLER) zunächst Einstellung der Hohlräume des Mundes usw. auf die entsprechende Resonanz und dann der Stimmbänder (des Stimmorgans) auf den Grundton, auf welchen der Vokal intoniert werden soll.

Die Luftbewegungen, welche die Vokalklänge bewirken, sind durchaus periodische Vorgänge (S. 239). Wenn solches manchmal scheinbar nicht zutrifft, so ist der Grund dafür in dem Umstande zu suchen, daß die Vokale häufig nicht andauernd mit gleichmäßigem Klange gesungen werden. Gelingt es, ein unverändertes Ertönen für einige Sekunden zu erreichen, so ist die vom Phonodeik aufgenommene Schwingungsfigur vollkommen periodisch, wie

---

[1]) SCRIPTURE behauptete, die Obertönetheorie der Vokale könne nicht korrekt sein, er verwirft eine harmonische Analyse der Vokalklänge. Er hat Aufzeichnungen von Sprechmaschinen vergrößert und dann sorgfältig kopiert. Doch meint Herr MILLER (S. 178): Beides, der Prozeß, durch den die Originalaufnahme in Wachs gemacht wird, und ferner die darauffolgende Vergrößerung, führen Unvollkommenheiten in die Kurven ein.

Digitized by Google

Fig. 111, S. 140 und Fig. 173, S. 240 deutlich zeigen[1]). Die harmonische Analyse der den Vokalen entsprechenden Schallkurven ist also völlig berechtigt.

Eingehende Angaben sind in dem MILLERschen Werke über den Vokal A, wie er in dem englischen Worte father und dem deutschen Vater auftritt, vorhanden, welche zum Vergleich mit den Ergebnissen Verfassers gut geeignet erscheinen. Nimmt man, wie einst HELMHOLTZ, B (115,2)[2]) oder b (230,4) zum Grundton und läßt die harmonischen Obertöne hinzuklingen, so zeigt sich, daß ein lautes b^2 (921,7) für A wesentlich[3]) ist, aber ein dumpfes A ergibt, wenn nicht noch ein höherer lauter Oberton (d^3 oder selbst mehrere solche) hinzukommt. Selbst f^3 kann noch mitklingen, es entsteht dann ein helles A; höhere Obertöne hinzugefügt, geben aber dann dem Klang meist eine Färbung nach E hin. Verfasser hat sich davon überzeugt, daß man mit B als Grundton und den Obertönen b, $f^1\,b^1$, $f^2\,b^2$ und d^3 (1161,3) in geeigneten Stärken wirklich ein gutes, volles A zusammensetzen[3]) kann. Nimmt man noch f^3 (1381) hinzu, so verbessert solches das A; b^3 hinzugefügt verschlechtert aber schon den Vokal. Mit dem Grundton b und den Obertönen bis d^3 ergibt sich auch ein gutes A[4]), das durch Hinzutreten von f^3 noch verbessert wird. Wenn man von anderen Grundtönen ausgeht, so müssen Obertöne in der Umgebung von b^2 deutlich verstärkt werden, wobei aber zumeist, um ein richtiges A zu erhalten, noch Partialtöne höher als b^2 mitwirken müssen. So gibt der Grundton d (145,16) mit d^1, a^1, d^2, f^2, a^2 ein dumpfes, mangelhaftes A (ein Å), aber d^3 oder e^3 (nicht beide zusammen) mitklingend verbessert sehr den Vokal. Ein schönes klares A entstand beim Hinzutreten von

---

[1]) Wenn Sprachlaute zusammen mit allerlei Geräuschen das Ohr erregen, mag die Luftbewegung allerdings wohl unperiodisch sein bzw. wenig dem Vokalklang entsprechen, und doch hat das menschliche Gehör die Fähigkeit, die Sprachlaute daraus abzusondern. Durch die auswählende Tätigkeit beim Hören können dann wohl auch unperiodische Luftwellen zu Vokalwahrnehmungen führen.

[2]) Die in Klammern angegebenen Zahlen geben die Schwingungszahl des betreffenden Tones an.

[3]) Der Oberton as^3 trübt den Klang und bleibt daher besser fort.

[4]) Ohne d^3 wird aber auch hier das A nicht gut. b^1 und b^2 zusammentönend, klingen mehr nach dem Vokal O hin, dagegen liefern ein leidliches A die Töne b, b^1, b^2, wenn b^2 laut, b^1 schwach ertönt (also ohne Mitwirkung eines höheren Obertones als b^2).

Digitized by Google

fis^3 (1463,16). Ein leidliches A ergeben auch schon zwei Töne, wie f^2 und f^3 oder a^2 und a^3 beim Zusammenklang, wobei aber mindestens einer von den beiden Tönen im Verstärkungsgebiete des A liegen muß.

In Fig. 163, S. 222 gibt Herr MILLER die Energieverteilung für den Vokal A von verschiedenen Stimmen gesungen. Auf der obersten Zeile befindet sich das Diagramm für ein A von einem Sopran, auf den Grundton mit 522 Schwingungen in der Sekunde (nahe dem zweigestrichenen *C*, 517,3) angestimmt. Neben dem schon einigermaßen lauten Grundton erscheinen die ersten beiden Obertöne verstärkt (1044 recht stark, 1566 nahe bei g^3 deutlich verstärkt), was in guter Übereinstimmung mit Verfassers Resultaten für ein helles A sich befindet. Weniger gelungen dürfte ein anderer Sopran den Vokal A gesungen haben, dessen Diagramm Fig. 156, S. 206 zeigt. Hierbei ist der Grundton h^1 (488,3) und nur dessen erster Oberton (977), allerdings in sehr hohem Maße, verstärkt; die sechs weiteren hohen Obertöne sollen nach MILLER nur den Sopran charakterisieren. Ohne Verstärkung mindestens noch des dritten Obertones (1464,9) dürfte aber kaum ein klares A erscheinen. Interessant ist nun damit der Vergleich eines von einem Baß auf den Grundton mit der Schwingungszahl 106 (nahe dem *A*, 108,75) angestimmten Vokales A. Hier ist noch der elfte Partialton (1166 nahe d^3) gut verstärkt, eine Spur auch noch der zwölfte, am lautesten ertönt der achte Partialton (848), daneben sind auch noch recht intensiv der siebente (742) und neunte (954), während der zehnte Partialton ganz fehlt. Die ersten sechs Teiltöne charakterisieren den Baß, es scheint sich hier um ein gutes, tiefes A zu handeln. Die Fig. 156, S. 206 gibt auch noch ein Baßdiagramm eines auf den Grundton mit der Schwingungszahl 92 gesungenen A. Verstärkt sind dabei der siebente (644), insbesondere der achte Partialton (736), ferner der neunte (828), der elfte (1012), eine Spur noch der zwölfte; anscheinend liegt hier ein dumpfes A vor (mehr A^0). Bei einem auf relativ lautes f^1 (345) angegebenem A zeigt sich sehr verstärkt der zweite Oberton (1035) und deutlich verstärkt der vierte (1380), eine Spur selbst der fünfte, ziemlich laut ertönt auch der erste Oberton (690). Anscheinend ein gutes, klares A. Ein auf den Grundton mit der Schwingungszahl 308 gesungenes A zeigt den ersten und zweiten Partialton merklich verstärkt, sehr laut erscheint der

Digitized by Google

dritte (924), deutlich verstärkt der vierte (1232) und der fünfte (1540) Teilton, offenbar ein gutes A. Auf Grundton mit Schwingungszahl 237 gesungenes A hat einen recht merklich verstärkten dritten Partialton (711), einen sehr starken vierten (948), einen sehr starken fünften (1185) und einen noch merklich lauten sechsten (1422), jedenfalls ein schönes klares A. Man beachte die Verschiedenheiten in der Energieverteilung der beiden letzten auf nahezu gleicher Tonhöhe gesungenen Vokale. Auf S. 258, Fig. 185 befindet sich das Diagramm eines auf den Grundton mit der Schwingungszahl 182 angegebenen Vokales A, dabei erscheint verstärkt der vierte Partialton (728), recht stark der fünfte (910), ferner verstärkt der sechste (1092) und noch deutlich verstärkt der siebente (1274), wohl ein ganz gutes A. Beim Grundton mit der Schwingungszahl 155 ergibt sich für den darauf intonierten Vokal A gut verstärkt der fünfte Partialton (775), recht stark der sechste (930), deutlich verstärkt der siebente (1085) und noch merklich verstärkt der achte (1240): wohl ein ganz gutes A. Fig. 162 gibt ein Diagramm für ein ebenfalls auf Schwingungszahl 155 gesungenes A, es erscheinen dieselben Partialtöne wie Fig. 163 verstärkt, aber der siebente und besonders der fünfte ertönen viel schwächer, der sechste dagegen erheblich intensiver. Fig. 168 gibt noch Energieverteilung für ein auf die Schwingungszahl 146 intoniertes A, nur schwach verstärkt erscheinen der vierte und sechste Partialton, recht stark dagegen der fünfte (730) und der siebente (1022), noch merklich der achte (1168). Schließlich findet sich noch ein Diagramm für ein auf den Grundton mit der Schwingungszahl etwa 140 gesungenes A. Dabei ist gut verstärkt der vierte Partialton (560), stark der fünfte (700), schwach der sechste (840), stark der siebente (980), recht stark der achte (1120) und noch merklich der neunte (1260): wohl ein gutes, klares A.

Man sieht aus den hier betrachteten Beispielen auf verschiedenen Grundtönen angegebener Vokale A, daß durchweg Partialtöne in der Gegend des b^2 (922) und daneben fast immer auch noch höhere erheblich verstärkt erscheinen, unbeschadet der Intensitätsvermehrung auch tiefer gelegener Partialtöne.

Herr Professor MILLER hat Mittelwerts-Energiekurven gezeichnet, indem dieselbe Stimme zwischen Grundtönen mit den Schwingungszahlen 129 bis 259 in Abständen etwa eines Halbtones zwölfmal den Vokal A sang. Die entsprechenden Schall-

Digitized by Google

kurven wurden alle harmonisch analysiert und korrigiert und sämtliche so erhaltene Komponenten der Energiewerte auf einer und derselben Abszissenachse als Ordinaten aufgezeichnet. Mit den so erhaltenen Daten konstruierte nun Herr MILLER eine Mittelwertskurve, was freilich nicht ohne eine gewisse Willkür geschehen konnte. Errichtet man auf einem einer gewissen Tonhöhe zugehörenden Punkte der Abszissenachse eine Senkrechte, so ergibt deren Schnittpunkt mit der Mittelwertskurve durchaus nicht die dem entsprechenden einfachen Tone im Einzelfalle zukommende Energiekomponente, es können da erhebliche Abweichungen eintreten. Betrachtet man die in Fig. 162 mit D bezeichnete Mittelwertskurve, so sieht man, daß viele Energiewerte vorhanden sind, die bedeutend größer ausfallen, als man nach der Kurve erwarten sollte. So findet sich ein recht starker Wert bei d^3, ein starker bei e^3, ebenso starke zwischen d^3 und e^3 und merkliche Werte noch bis gegen g^3. Die eben erwähnte Mittelwertskurve (vgl. Fig. 165, S. 226) zeigt das Maximum der Energie bei der Schwingungszahl 910, sie gibt eine merkliche Verstärkung noch bis über f^3 hinaus. Die Verstärkung beginnt etwa bei e^2 (652). Eine zweite Mittelwertskurve hat ihr Maximum bei der Schwingungszahl 1050 (nahe c^3), sie beginnt bei e^2 und endigt beim f^3. In Fig. 166, S. 227 wird für den Vokal A eine dritte Mittelwertskurve gegeben, welche zwei Maxima der Verstärkung besitzt, nämlich bei den Schwingungszahlen 950 und 1240. Eine merkliche Verstärkung ist noch bei fis^3 (1463) vorhanden.

Für den Vokal O ist in Professor MILLERS Buch nur eine Mittelwertskurve gegeben, das Verstärkungsgebiet reicht etwa vom c (259) bis zu b^2 (922), sein Maximum liegt bei b^1 (461), in guter Übereinstimmung mit HELMHOLTZ' und Verfassers Versuchen. b mit lautem b^1 und mäßig starkem f^2 zusammenklingend gibt ein gutes O. Dasselbe gilt für die einfachen Töne d, d^1, a^1, d^2 (a^1, d^2 relativ laut), ferner für B, b, f^1, b^1 mit besonders intensivem b^1, kommt noch b^2 hinzu, so entsteht ein helles O. Auch zwei einfache Töne, wie b und b^1, f^1 und f^2, d^1 und d^2, ja sogar noch b^1 und b^2, geben in geeigneten Stärkeverhältnissen zusammenklingend zwar verschiedene, aber deutliche O. Partialtöne höher als f^2 sind meist dem O-Klang nicht mehr günstig.

Einfache Töne, allein klingend, bis etwa zu b^2 tönen wie verschiedene hohe U. Aber auch ein tiefer Ton mit seinen eventuell

Digitized by Google

verstärkten Obertönen gibt ein U besonderer Art, wenn nur innerhalb des Formantengebietes des O keine lauten Partialtöne liegen (am besten gar keine) und höhere nur recht wenig intensiv sind, falls dieselben nicht ganz fehlen. Recht lautes b mit schwachem b^1 und f^2 zusammen kann noch ein U liefern, sonst bekanntlich ein gutes O. In Fig. 165 ist das Verstärkungsgebiet der dortigen Mittelwertskurve mit Recht nach unten offen, seine spezielle Gestalt, insbesondere das Maximum um e^1 (326), dürfte dem U einer bestimmten Art von Stimme entsprechen.

Der Vokal E gehört nach MILLER zur zweiten Klasse[1]) der Vokale, welche zwei Resonanzgebiete besitzen, doch ist die höhere Formantenregion die entscheidende Charakteristik. Die tiefen Töne, besonders auch der Grundton, treten relativ laut in Erscheinung (Fig. 166, S. 227). Dem deutschen E entsprechen wohl einigermaßen die Vokale in Worten wie bless und hate (they) (vgl. S. 218). Das E in bless wird nach MILLER charakterisiert durch zwei Verstärkungsgebiete um die Schwingungszahlen 691 und 1955 als Maxima. Die obere Formantenregion reicht bis etwa d^4 (2322,6); zwischen den Schwingungszahlen 977 und 1550 findet keinerlei Resonanz statt. Der Vokal in hate (they) wird gekennzeichnet durch die Verstärkungsgebiete um die Schwingungszahlen 488 bis 2461 als Maxima, das obere geht nicht über fis^4 (2926) hinaus, zwischen den Schwingungszahlen 775 und 2069 besteht keine Verstärkung. Verfasser fand im Anschluß an HELMHOLTZ: Wenn das Gebiet der Tonverstärkung um b^3 (1843,5) herum liegt, so bekommt man ein E oder doch einen Klang dem E ähnlich. Es ist hierbei günstig, wenn Partialtöne, in den Formantengebieten des O und A gelegen, nur schwach vorhanden sind; tiefere Töne können aber relativ laut auftreten, welcher Umstand wohl den tiefen Verstärkungsregionen bei MILLER entspricht. Bei einem hohen E fehlt natürlich ein solches tiefes Formantengebiet. Für ein gutes, klares E scheinen aber relativ laute Töne, höher als b^3 (bis gegen f^4, 2762) vorhanden sein zu müssen, sonst bleibt

[1]) Zur ersten Vokalklasse, also mit einem Formantengebiete, gehören nach MILLER das A in father, das AO wie in fall (oder raw), das O wie in no und das U wie in gloom. Doch haben wir oben gesehen, wie beim A Verstärkungsgebiete sich finden mit zwei Maxima, wodurch der Übergang zur zweiten Klasse der Vokale gebildet wird, welche zwei getrennte Formantenregionen besitzen. Dazu gehören das AE wie in cat, das E in bless und das E in hate (oder they) und endlich das I wie in bee (oder machine).

Digitized by Google

das E dumpf. Mehrere Beispiele finden sich in Verfassers Arbeit, z. B. d^1 mit seinen Obertönen bis mit d^4 gibt ein helles E, ohne d^4 entsteht nur ein dumpfes. Wenn keins der Verstärkungsgebiete für A oder E genügend dominierend erscheint, um den einen oder anderen dieser Vokale deutlich zu liefern, so entsteht ein Ae, z. B. wenn b mit seinen Obertönen bis as^3 (ohne b^3) zusammenklingt. Nach Verfassers Ansicht sind die Vokale in bless und hate, für welche in Fig. 166 Mittelwertskurven gegeben sind, keine klaren, reinen E, dafür liegen anscheinend die tiefen Verstärkungsgebiete zu hoch. Der Vokal in hate (they) dürfte bei MILLERS Versuchen zwischen E und I gelegen haben. Der relativ hochgelegenen Resonanzregion, um die Schwingungszahl 800 als Maximum, neben der davon getrennten, um 1840 als Maximum (Fig. 166, mat), ist wohl der eigentümliche Klang des Vokals in cat zu verdanken.

In guter Übereinstimmung mit Verfassers Ergebnissen steht Herrn MILLERS Energie-Mittelwertskurve für I (meet, Fig. 166), freilich dürfte die Gestalt des tiefen Verstärkungsgebietes[1]) einer speziellen Stimme entsprechen, insbesondere das Maximum um die Schwingungszahl 308 und das Ende desselben bei etwa 548. Richtigerweise ist die tiefe Resonanzregion nach unten hin offen. Ein lauter, tiefer Ton aus derselben bzw. mehrere harmonische Töne, zusammenklingend mit einem oder mehreren Tönen aus dem weit entfernten hohen Verstärkungsgebiete, um die Schwingungszahl 3100 herum, gibt in der Tat ein tiefes I. Einen solchen Vokal konnte der Verfasser ohne Schwierigkeiten erhalten durch Kombination von einem tiefen Ton, wie z. B. b oder d oder b^1 oder d^1 usw. (bzw. einiger solcher harmonischer Töne) mit einem der Töne aus der Gegend[2]) von c^4 bis f^4. Nur muß das Verschmelzen der sehr verschieden hohen Töne zu einer Klangeinheit erreicht werden. Auch noch b^2 und d^4, selbst d^2 und d^4 zusammenklingend, geben ein I, aber immerhin muß der nicht zu schrill intonierte hohe Ton (höher als b^3 gelegen) durch eine weite, stille Region von dem lauten, tiefen Klanggebiete getrennt sein. Von b^3 an klingen die einfachen Töne übrigens schon an sich wie ein hohes I. In Fig. 164, S. 223 ist für eine Anzahl I-Klänge die Energieverteilung unter den Partialtönen gegeben. Es sind durchweg

[1]) Dieses Verstärkungsgebiet dürfte in Verbindung mit einem hohen solchen, etwa von 1600 bis 2900 reichend, ein gutes E liefern.

[2]) Mit Tönen höher als f^4 konnte Verfasser seinerzeit nicht gut arbeiten.

Digitized by Google

laute, tiefe Töne (mehrfach besonders intensiv der Grundton), der höchste davon etwas über g^1 (387,5), und daneben bei allen verstärkte Obertöne um die Schwingungszahl 3000 herum. Der mit „maw" bezeichnete englische Vokal (wie in fall) entspricht wohl einigermaßen einem Å, sein Verstärkungsmaximum mit der Schwingungszahl 732 ist zu hoch für O und zu tief für A.

Nochmals sei hier hervorgehoben, wie Herr MILLER (S. 223) mit Recht folgendes bemerkt: Die Diagramme zeigen, wie kein fixer Partialton den Vokal charakterisiert und auch keine einzelne Tonhöhe, vielmehr ist der Umstand, daß in gewissen Gebieten liegende Partialtöne einen großen Teil der Schallenergie in sich vereinen, für die Vokale charakteristisch.

S. 232 bespricht Herr MILLER gewisse Schwierigkeiten, welche bei der telephonischen Übermittlung von Vokalen eintreten können, er bemerkt dazu: „Telephonleitungen werden mit Absicht so konstruiert, daß man die Schwingungen von hoher Frequenz fortdämpft; wenn der Vokal in meet in den Sender hineingesprochen wird, so wird seine Hochfrequenzcharakteristik nicht über den Draht hin fortgepflanzt und der Klang, welcher gehört wird nach Elimination dieses Teiles, wird als der Vokal in moo interpretiert... aus diesem Grunde wird das Wort three häufig mißverstanden als two, um das zu verhüten, wird das r in three getrillert." Es geht aus dieser Bemerkung, welche auch für deutsche Verhältnisse von Interesse ist, wieder deutlich hervor, daß recht hohe Frequenzen zur Charakterisierung der Vokale nötig sind, im Gegensatz zu gewissen Ausführungen des Herrn K. W. WAGNER[1]).

Herr MILLER hat auch die Synthese der Vokale aus einfachen Tönen anscheinend mit gutem Erfolge vorgenommen (S. 247—251). Dazu dienten hölzerne gedeckte, weite Orgelpfeifen, welche praktisch einfache Töne ergaben und bei denen zur genauen Einstellung einer bestimmten Tonhöhe der Verschluß der Pfeife aus einem beweglichen Stempel bestand. Nun wurden Schallstärke und Schwingungszahl so hergestellt, daß sie cet. par. am Phonodeik dieselbe Amplitude lieferten, wie die gleich hohe Komponente eines bestimmten, harmonisch analysierten Vokals. Zur gelungenen Wiedergabe eines solchen mußte eine verschiedene Anzahl von

[1]) Vgl. Elektrot. ZS. **32**, 80—83, 1911 und Verh. d. D. Physik. Ges. **13**, 278—280, 1911, wo Verfasser ausführt, auch beim Telephon dürften die hohen Formantentöne für gute Reproduktion der Vokale nicht fehlen.

Digitized by Google

Pfeifen verwendet werden. Für das helle A einer Kinderstimme (hoher Grundton) genügten drei Pfeifen[1]). Das A einer Männerstimme brauchte zehn, für den Vokal in cat reichten 16 hin (die Analyse ergab 20 Komponenten). Das genaue Einstimmen[2]) der einzelnen Pfeifen in die harmonischen Reihen wird vorteilhaft mittels des Phonodeiks ausgeführt, wie S. 87—88 angegeben. Herr MILLER bemerkt, daß im Laboratorium erfolgreich elf verschiedene Vokale synthetisch reproduziert wurden (speziell angeführt wurden die in father, raw, no, gloom, mat und bee). Man wird demnach die Möglichkeit, durch Zusammenklingen einfacher Töne Vokale nachzubilden, wohl nicht mehr bestreiten können.

Professor MILLER bemerkt S. 251, daß man auf diese Weise auch den Klang eines jeden Musikinstrumentes nachbilden könne, Formantengebiete existieren aber für solche nicht (S. 258, wo der Unterschied zwischen den Klängen der Vokale und Musikinstrumente erörtert wird).

Die Auffassung Professor MILLERS, die Formantenräume (Hohlräume des Mundes usw.) wirkten nur in der Art, daß sie gewisse Partialtöne des Stimmtones verstärkten, bedarf vielleicht etwas der Änderung. Schon HERMANN[3]) berichtete, wie ein intermittierender Luftstrom, durch einen geeigneten Resonator fließend, einen Vokalklang ergibt. Finden n Intermittenzen in der Sekunde statt, so ertönt der Vokal mit einem Stimmtone, der n Schwingungen in der Sekunde macht. Auch meint HERMANN, daß die Vokale, welche sich durch Anfügung von Hohlräumen an membranöse Zungenpfeifen darstellen lassen, nicht auf Verstärkung der Partialtöne des Zungenklanges beruhen, sondern auf intermittierender Anblasung des betreffenden Hohlraumes. Wir verdanken Herrn Professor GUTZMANN[4]) sehr bemerkenswerte Versuche über Vokalbildung. Danach

---

[1]) Auch nach Verfassers Befunden genügen bei hohem Grundton wenige zusammenklingende, einfache Töne zur guten Wiedergabe eines A, nicht aber bei einem tiefen A.

[2]) Verfasser hat harmonische Reihe mit Hilfe der Schwebungen eingestimmt, so daß die einzelnen Töne nicht genau den angegebenen der temperierten Tonskala gleich sind.

[3]) HERMANN, Neue Beiträge usw. S.-A. Arch. f. d. ges. Physiol. **141**, 1911, S. 61. Bonn, Martin Hager.

[4]) GUTZMANN, Verh. d. Ver. d. Laryngol. 1911, S.-A. S. 1—13 und 1912, S.-A. S. 1—4. Würzburg, bei Kabitsch.

Digitized by Google

entstehen sehr deutliche Vokale (besonders U, O und A), wenn man den in einer lauten, membranösen Zungenpfeife erzeugten Luftstrom einen geeigneten Resonator durchblasen läßt, wobei dann der gesamte Resonanzraum in der Schwingungszahl des Grundtones der Pfeife erschüttert wird. Mit demselben Grundtone erklingt alsdann der Vokal. Dabei kann als Resonanzraum die auf den betreffenden Vokal eingestellte Mundhöhle dienen. Es handelt sich hierbei offenbar um erzwungene periodische, aber nicht pendelartige, sondern häufig wohl recht komplizierte Bewegungen der Luft des Resonanzraumes. Wenn man solche Vibrationen harmonisch analysiert, so erhält man natürlich lauter zum Grundtone harmonische Obertöne; auch hiernach erscheint der Vokalklang als Folge des Zusammenwirkens einer Anzahl einfacher, harmonischer Töne[1]). Nach MILLERS Auffassung sind die stehenden Schwingungen der Luft im Resonanzraume zusammengesetzt aus denjenigen der verstärkten einfachen Töne. Entsprechend der anderen (wohl von ROUSSELOT herrührenden) Ansicht reißt der stark vibrierende Luftstrom die Luft im Resonanzraume gleichsam in seine Schwingungen hinein, zwingt diese jener im gewissen Grade auf[2]), doch dürfte der Resonator eine modifizierende Rückwirkung auf die so entstehenden Vibrationen ausüben. Auf diese Weise wird dann die Formantenwirkung erzeugt. Zu diesem Zwecke ist aber wohl kein intermittierendes (oder stoßweises) Anblasen nötig, auch ein kontinuierlich fließender, stark schwingender Luftstrom dürfte den gewünschten Effekt erreichen. Hier wären allerdings noch spezielle experimentelle Untersuchungen wünschenswert. Gleichgültig aber, ob man die HELMHOLTZ-MILLERsche Auffassung für hinreichend hält oder nicht, tut man gut, sich das folgende klar zu machen: Wenn eine periodische Luftbewegung das Ohr trifft, bei welcher gewisse, im Formantengebiete gelegene Partialtöne gehörig verstärkt erscheinen, so hört man den entsprechenden Vokal, unabhängig davon, auf welche Weise die betreffende periodische Luftbewegung entstanden sein mag.

[1]) Vgl. K. v. WESENDONK, Zur Theorie der Vokalklänge. Naturwiss. Rundsch. 1912.

[2]) Wenn Herr GUTZMANN S. 2 angibt: Nicht unwesentlich ist es, daß das (kleine, enge) Anblaserohr der kleinen Pfeife nicht zu kurz sein darf, da sonst die Tonhöhe von der Mundhöhle verändert wird, so scheint mir solches gegen die Vokalbildung durch intermittierende Anblasung im Sinne HERMANNS zu sprechen. Ein langes, enges Anblaserohr ist dem nicht günstig.

Digitized by Google

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

19. Jahrg. 30. Juli 1917. Nr. 13/14.

Sitzung vom 22. Juni 1917.

Vorsitzender: Hr. A. EINSTEIN.

Hr. **M. Planck** spricht

Zur Theorie des Rotationsspektrums (zweite Mitteilung).

Sitzung vom 6. Juli 1917.

Vorsitzender: Hr. H. RUBENS.

Hr. **Ulfilas Meyer** berichtet

über die dielektrische Nachwirkung.

Zur Veröffentlichung in den „Verhandlungen“ der Gesellschaft ist eine Mitteilung eingegangen von Hrn. **Paul S. Epstein:**

HAMILTON-JACOBIsche Funktion und Quantentheorie.

Digitized by Google

Sitzung vom 20. Juli 1917.

Die Sitzung fällt aus.

Als Mitglieder sind in die Gesellschaft aufgenommen:

Hr. Dipl.-Ing. FRIEDR. MÜLLER, Berlin W. 50, Augsburger Straße 39.
(Vorgeschlagen durch Hrn. E. ALTENKIRCH.)

Hr. Oberlehrer Dr. KARL HENRICH, z. Z. wiss. Hilfsarbeiter bei der Inspektion des Torpedowesens, Kiel, Feldstraße 65.
(Vorgeschlagen durch Hrn. M. PIRANI.)

Hr. Oberingenieur FRIEDRICH JANUS (Firma Reiniger, Geppert & Schall), München, Mathildenstraße 13.
(Vorgeschlagen durch Hrn. K. TH. FISCHER.)

Hr. Oberlehrer Dr. HERMANN SPOHN, Berlin NW. 87, Elberfelder Straße 35.
(Vorgeschlagen durch Hrn. KARL SCHEEL.)

Hr. Ingenieur RICHARD SWINNE, Berlin NW. 21, Rathenower Straße 69.
(Vorgeschlagen durch Hrn. WILHELM HAUSSER.)

Digitized by Google

Eine Solarisationsmethode zur Messung der Zerstreuung der Kanalstrahlen;

von M. Wolfke.

(Eingegangen am 2. Juni 1917.)

Die Zerstreuung der Kanalstrahlen wurde bis jetzt nur wenig untersucht. KÖNIGSBERGER und KUTSCHEWSKI [1]) haben bei verschiedenem Druck mit einer photographischen Schwärzungsmethode die Zerstreuung der Kanalstrahlen gemessen und gefunden, daß sie nur gering ist und mit dem Druck sehr wenig variiert. STARK und KIRSCHBAUM [2]) schließen aus der Dopplerverschiebung, daß die Zerstreuung der Kanalstrahlen in verschiedenen Gasen verschieden groß ist. Genaue Messungen in dieser Richtung wurden jedoch an Kanalstrahlen in verschiedenen Gasen unter variablen Versuchsbedingungen bis jetzt noch nicht durchgeführt. Dabei könnten uns derartige Messungen bei entsprechender theoretischer Verwertung interessante Aufschlüsse über den Mechanismus der Zusammenstöße der Kanalstrahlteilchen mit Gasmolekülen geben

Für derartige quantitative Vergleichsversuche in verschiedenen Gasen eignet sich die Schwärzungsmethode nicht gut, da ihre Empfindlichkeit sehr stark mit der Natur der Teilchen variiert [3]). Im Gegensatz hierzu liefert, wie RETSCHINSKY [4]) gezeigt hat, ein richtiges Bild der Energieverteilung im Kanalstrahl, unabhängig von der Natur der Teilchen, die Solarisationsmethode.

Ich möchte hier darauf hinweisen, wie man zur genauen Messung der Zerstreuung der Kanalstrahlen die Solarisationsbilder in einfacher Weise verwenden kann.

Nehmen wir an, daß zum Beginn der Solarisation auf einer photographischen Platte ein bestimmtes Energiequantum ε pro

---

[1]) J. KÖNIGSBERGER und J. KUTSCHEWSKI, Ann. d. Phys. (4) **37**, 161. Vgl. § 4, S. 175, 1912.

[2]) J. STARK und H. KIRSCHBAUM, Phys. ZS. **14**, 433, 1913.

[3]) Vgl. J. KÖNIGSBERGER und J. KUTSCHEWSKI, l. c., S. 182.

[4]) T. RETSCHINSKY, Ann. d. Phys. (4) **47**, 525, 1915.

Digitized by Google

Flächeneinheit der gewählten Plattensorte, unabhängig von der Intensität der Kanalstrahlen, notwendig ist; dann ist:

$$\varepsilon = \int_0^t J\,dt,$$

wenn J die vom Kanalstrahl pro Flächeneinheit der Platte in der Zeiteinheit zugeführte Energie, d. h. die Intensität des Kanalstrahles, und t die zur Erzeugung der Solarisation notwendige Expositionszeit bedeuten. Diese Annahme stimmt sehr wahrscheinlich in weiten Grenzen, sie könnte jedoch zu genauen Messungen experimentell geprüft und eventuelle Abweichungen könnten durch entsprechende Korrekturen ausgeglichen werden. Sorgt man dafür, daß sich die Intensität des Kanalstrahles während der Aufnahme nicht ändert, so geht die obige Gleichung in die Beziehung

$$\varepsilon = Jt$$

über, woraus

$$J = \frac{\varepsilon}{t}.$$

ist.

Aus der letzten Gleichung ersehen wir, daß die Intensität J des Kanalstrahles in einem bestimmten Punkt der Platte proportional der reziproken Expositionszeit ist, die zur Erzeugung der Solarisation in diesem Punkte notwendig war.

Um die Verteilung von J über den Querschnitt des Kanalstrahles zu messen, werden auf gleichen Platten eine Reihe von Aufnahmen mit verschiedenen Expositionszeiten, jedoch bei genau gleichen Versuchsbedingungen gemacht. Dies läßt sich leicht mit Hilfe der WIENschen Durchströmungsmethode und einer photographischen Kamera mit im Vakuum auswechselbaren Platten, wie sie RETSCHINSKY [1]) benutzte, erreichen.

Mit der Vergrößerung der Expositionszeit verbreitern sich die Umrisse der Solarisationsflecke. Für alle Punkte der Ränder der Solarisationsflecke (Beginn der Solarisation) auf ein und derselben Platte ist die Intensität $J = \frac{\varepsilon}{t}$ die gleiche, so daß diese Ränder uns im Querschnitt des Kanalstrahles Kurven gleicher Intensität geben.

Durch Ausmessen der Form der Solarisationsflecke auf den unter sonst gleichen Bedingungen, jedoch mit verschiedenen Expositions-

[1]) T. RETSCHINSKY, l. c., S. 529, Fig. 3.

Digitized by Google

zeiten aufgenommenen Platten, erhält man eine Schar von Kurven gleicher Intensität, die ein getreues Bild der Energieverteilung im Kanalstrahl zeigen. Aus diesen Kurven läßt sich die Abnahme der Intensität des Kanalstrahles nach den Rändern zu, d. h. die Zerstreuung der Strahlen ersehen.

Es muß dabei darauf geachtet werden, daß die Platten alle von einer Sorte sind, im gleichen Entwickler und gleiche Zeit entwickelt werden. Die Solarisationsflecke sind meistens scharf begrenzt, so daß sie sich sehr gut zur genauen Ausmessung eignen.

Fig. 1.

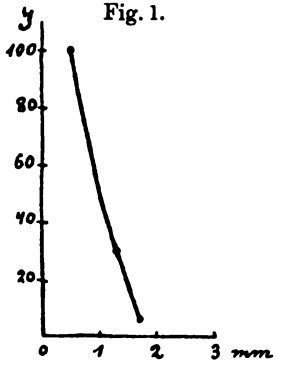
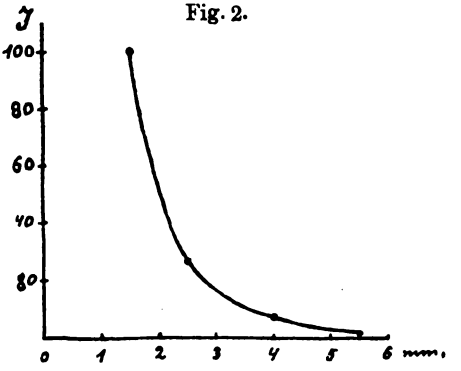


Fig. 2.



Ich habe bei meinen [1]) früheren Versuchen die schärfsten Solarisationsbilder auf Diapositivplatten („Agfa“) erhalten.

Als Beispiel für die Anwendung der hier beschriebenen Methode sollen zwei Kurven wiedergegeben werden, von denen die eine (Fig. 1) aus Aufnahmen des Verfassers und die andere (Fig. 2) aus Aufnahmen von RETSCHINSKY berechnet worden sind.

Die Aufnahmen des Verfassers (Fig. 1):

Radius des zentralen Solarisationsfleckes	Expositionszeit	J
0,5 mm	3′	100
1,3 „	10′	30
1,7 „	50′	6

wobei $\varepsilon = 300$ in willkürlichen Einheiten gesetzt worden ist. Diese Aufnahmen wurden mit einem Kanal von 0,7 mm Bohrung bei einem Druck von 0,005 mm Hg auf „Agfa“-Diapositivplatten gemacht.

[1]) M. WOLFKE, Phys. ZS. 18, 128, 1917.

Digitized by Google

Die Aufnahmen von RETSCHINSKY (Fig. 2)[1]:

Nummer der Platte	Radius des zentralen Solarisationsfleckes	Expositionszeit	J
2	1,5 mm	40″	100
3	2,5 „	2,5′	26,7
4	4,0 „	10′	6,7
5	5,5 „	40′	1,67

wobei $\varepsilon = 4000$ in willkürlichen Einheiten gesetzt worden ist. Diese Aufnahmen wurden von RETSCHINSKY mit einem Kanal von 1,4 mm Bohrung bei einem Druck von 0,00036 mm Hg auf SCHLEUSSNERS „Spezial-Rapid"-Platten erhalten.

Die hier durch die Solarisationsmethode erhaltenen Kurven (Fig. 1 und 2) weisen eine geringe Zerstreuung der Kanalstrahlen nach und bestätigen somit qualitativ das Resultat der Schwärzungsmethode von KÖNIGSBERGER und KUTSCHEWSKI[2].

Umkehrung der Solarisation. Ich möchte bei dieser Gelegenheit hier noch auf eine interessante, zum erstenmal von RETSCHINSKY erwähnte[3] Erscheinung hinweisen.

In der Mitte eines Solarisationsfleckes bildet sich nämlich nach längerer Exposition wieder eine Schwärzung, die durch eine Anhäufung von kleinen, sternförmigen Kristallen (?) zustande kommt. Dies scheint eine Umkehrung der Solarisation zu sein.

Dieselbe Erscheinung sieht man auf den Bildern von J. J. THOMSON[4], was übrigens deutlich dafür spricht, daß THOMSON ebenfalls die Solarisationsmethode benutzte.

Auf den Bildern von RETSCHINSKY[5] erscheinen bei längerer Exposition sogar mehrere konzentrische, abwechselnd helle und dunkle Ringe. Vielleicht ist diese Erscheinung analog den vom Astronomen JANSEN im Jahre 1880 bei Sonnenaufnahmen beobachteten mehrfachen Umkehrungen der Solarisation[6].

[1] T. RETSCHINSKY, l. c., vgl. Taf. VI u. S. 541.
[2] J. KÖNIGSBERGER und J. KUTSCHEWSKI, l. c., vgl. Fig. S. 175.
[3] T. RETSCHINSKY, l. c., vgl. S. 541 u. Tafeln.
[4] J. J. THOMSON, Rays of positive electricity, 1913. Sehr deutlich z. B. auf der Taf. II, Fig. 26.
[5] T. RETSCHINSKY, Ann. d. Phys. (4) 48, 546, 1915. Vgl. z. B. Taf. X Fig. 5 u. 6, Taf. XI, Fig. 12, Taf. XII, Fig. 14 u. 17 u. a.
[6] Vgl. auch Dr. LÜPPO-CRAMER, Das latente Bild, Halle a. S. 1911, S. 37 usw.

Digitized by Google

Auch diese Erscheinung läßt sich durch die oben beschriebene Methode untersuchen. So z. B. kann man aus der Fig. 2 das Verhältnis der Energie ε' des Beginnes der Umkehrung der Solarisation zu der Energie ε des Anfanges der ersten Solarisation in folgender Weise bestimmen.

Auf der Platte Nr. 4 von RETSCHINSKY ist der schwarze Fleck in der Mitte des Solarisationsfleckes mit einem Radius von 2,5 mm scharf begrenzt. Diesem Radius entspricht aus der Platte Nr. 3 die Intensität des Kanalstrahles $J = 26{,}7$. Da die Expositionszeit der Platte Nr. 4 gleich 600″ ist, so ergibt sich daraus $\varepsilon' = Jt = 26{,}7 \cdot 600 =$ etwa 16000, woraus

$$\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \frac{16000}{4000} = 4$$

ist, d. h. daß zur ersten Umkehrung der Solarisation eine etwa viermal größere Energiemenge erforderlich ist, als zur Erzeugung der Solarisation selbst.

Aus der Platte Nr. 5 von RETSCHINSKY läßt sich leider der Radius des schwarzen Umkehrungsfleckes nicht genau bestimmen, da seine Ränder diffus sind. Man würde zu demselben Verhältnis der beiden Energien ε' und ε gelangen, wenn man den Radius des diffusen schwarzen Fleckes zu 4 mm annehmen würde, was mit der Größe des diffusen Fleckes sehr gut vereinbar ist.

Zusammenfassung.

1. Es wurde eine neue Methode zur genauen Messung der Zerstreuung der Kanalstrahlen aus den Solarisationsbildern beschrieben.

2. Als Beispiel werden zwei Zerstreuungskurven aus Aufnahmen vom Verfasser und aus denjenigen von RETSCHINSKY berechnet, wobei sich eine sehr geringe Zerstreuung der Kanalstrahlen ergibt.

3. Es wurde auf die Erscheinungen der Umkehrung der Solarisation bei Kanalstrahlbildern hingewiesen und die Möglichkeit der Anwendung der oben beschriebenen Methode zur Untersuchung dieser Erscheinung an einem Fall illustriert, wobei sich ergeben hat, daß in dem betrachteten Fall eine viermal so große Energie zur Umkehrung der Solarisation als zur Erzeugung derselben notwendig war.

Zürich, Physik. Inst. d. Eidg. Techn. Hochschule, Mai 1917.

Digitized by Google

Hamilton-Jacobische Funktion und Quantentheorie;

von Paul S. Epstein.

(Eingegangen am 2. Juli 1917.)

§ 1. Kürzlich hat Herr A. EINSTEIN [1]) eine neue Formulierung der Quantenregeln gegeben, welche von den Singularitäten und Verzweigungen der JACOBI schen Wirkungsfunktion [2]) im Raume der Lagenkoordinaten $q_1, q_2 \ldots q_f$ ausgeht. Die Weiterbildung dieser neuen, wichtigen Auffassung wird uns vielleicht die Mittel geben, über das Gebiet der bedingt periodischen Bewegungen hinauszukommen und auch allgemeinere Systeme zu behandeln. In der vorliegenden Mitteilung wollen wir indessen darauf hinweisen, daß auch im Rahmen der bedingt periodischen Bewegungen noch gewisse Schwierigkeiten für die EINSTEIN sche Theorie bestehen, welche zunächst überwunden werden müssen.

Ist uns nämlich die JACOBI sche Funktion explizite gegeben, so hängt sie neben den Lagenkoordinaten auch von f Konstanten ab, welche man sich beim Aufsuchen der Singularitäten der Funktion vorgeben muß, denn bei Änderungen des Zahlenwertes dieser Konstanten verrücken die Verzweigungen unter Beibehaltung ihres analytischen Charakters ihre Lage. Dieser Umstand ist für die EINSTEIN sche Theorie nicht störend und liegt durchaus in der Natur der Sache, wenn man bedenkt, daß einem jeden Wertesystem der Konstanten eine individuelle Bahnkurve entspricht, und die Aufgabe der Quantentheorie es ist, unter allen möglichen Bahnen die „statischen" auszuwählen.

---

[1]) A. EINSTEIN, Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 82, 1917.

[2]) Wir bezeichnen als „HAMILTON sche Hauptfunktion" ($V = \int L\,dt$) das Integral, durch dessen Variation die Differentialgleichungen des betreffenden mechanischen Problems gewonnen werden, als „JACOBI sche Wirkungsfunktion" (nur vorhanden, wenn die Zeit nicht explizite in die HAMILTON sche Funktion H eingeht) den von der Zeit (t) unabhängigen Ausdruck $W = V + \alpha_1 t$. Dabei bedeutet α_1 die Energiekonstante des Systems.

Digitized by Google

Indessen ist diese Art der Abhängigkeit der Verzweigungen von den Konstanten nicht die einzige: wir zeigen durch allgemeine Betrachtungen (§ 2) und führen es an einem Beispiel näher aus (§ 3), daß man unter Beibehaltung einer individuellen Bahnkurve durch bloße Transformation der Konstanten neue Singularitäten (bzw. Verzweigungen) von ganz anderem analytischen Charakter einführen und die alten verschwinden lassen kann. Dabei liefert die Anwendung der Quantenregeln vor und nach der Transformation in unserem speziellen Beispiel verschiedene statische Bahnen. Es schien uns wichtig, auf diese Möglichkeit hinzuweisen und die Frage zur Diskussion zu stellen, ob es sich dabei um Ausnahmefälle oder um eine allgemeine Eigenschaft der JACOBIschen Funktion handelt.

Der Inhalt des § 4 hat keine Beziehung zur EINSTEINschen Theorie, er beschäftigt sich mit denjenigen Systemen der Mechanik, welche mit den bedingt periodischen insofern eine Ähnlichkeit haben, als sie in einem Teile der Variablen Librationsbewegungen ausführen, was sich analytisch darin kundgibt, daß diese Variablen durch Separation abspaltbar sind. Für solche Systeme wird ein Satz bewiesen, welcher eine Verallgemeinerung eines vom Verfasser für vollständig separierbare Systeme gegebenen Satzes darstellt [1]).

§ 2. Die JACOBIsche Funktion hänge von den Lagenkoordinaten und $q_1, q_2 \dots q_f$ und den Konstanten $\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_f$ ab:

$$W = W(q_1, q_2 \dots q_f; \quad \alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_f). \tag{1}$$

Unter diesen Konstanten nimmt die Energie α_1 insofern eine besondere Stellung ein, als sie bereits in die Differentialgleichung für W eingeht, so daß nur die Auswahl der Konstanten $\alpha_2, \alpha_3 \dots \alpha$ bis zu einem gewissen Grade willkürlich ist. Gehen wir von dem Differential der Wirkungsfunktion

$$d W = \sum_1^f p_i d q_i \tag{2}$$

aus, so kann man offenbar an Stelle dieser $f-1$ Konstanten durch eine beliebige Transformation

$$\alpha_i = \alpha_i (\alpha_1', \alpha_2' \dots \alpha_f'), \quad i = 2, 3, \dots f \tag{3}$$

[1]) P. S. EPSTEIN, Ann. d. Phys. (4) **51**, 178, 1916.

Digitized by Google

$f-1$ andere einführen. Jedoch gibt dieser triviale Fall nichts Neues: die Verzweigungen der Funktionen $p_1, p_2 \ldots p_f$ werden dadurch in keiner Weise beeinflußt.

Anders liegt das Problem, wenn man in die Transformation auch noch die $f-1$ Konstanten $\beta_2, \beta_3, \ldots \beta_f$ der Bahngleichungen, welche bekanntlich so lauten:

$$\frac{\partial W}{\partial \alpha_i} = \beta_i = F_i(q_1, q_2 \ldots q_f; \quad \alpha_1, \alpha_2 \ldots \alpha_f), \quad i = 2, 3, \ldots f \qquad 4)$$

aufnimmt. Faßt man die allgemeine Transformation:

$$\begin{cases} \alpha_i = \alpha_i(\alpha_1', \alpha_2', \ldots \alpha_f'; \quad \beta_2', \beta_3' \ldots \beta_f'), \\ \beta_i = \beta_i(\alpha_1', \alpha_2', \ldots \alpha_f'; \quad \beta_2', \beta_3' \ldots \beta_f'), \end{cases} \quad i = 2, 3, \ldots f \qquad 5)$$

ins Auge, so hat man wie folgt zu verfahren: Zunächst führt man die neuen Konstanten in die Bahngleichungen 4) ein, welche sich dann, nach β_i' aufgelöst, so schreiben:

$$\beta_i' = F_i'(q_1, q_2 \ldots q_f; \quad \alpha_1', \alpha_2' \ldots \alpha_f'), \quad i = 2, 3 \ldots f. \qquad 6)$$

Aus diesen Gleichungen und den $f-1$ ersten Gleichungen des Systems 5) eliminiert man β_i' und erhält:

$$\alpha_i = \varphi_i(q_1 q_2, \ldots q_f; \quad \alpha_1', \alpha_2', \ldots \alpha_f'). \qquad 7)$$

Diese Ausdrücke sind dann in die Impulse p_i und in das Differential $d W$ einzuführen, aus welchem man durch Integration die neue Form der JACOBIschen Funktion bekommt:

$$W = W'(q_1, q_2, \ldots q_f; \quad \alpha_1', \alpha_2', \ldots \alpha_f'). \qquad 8)$$

Es ist dabei leicht möglich und wird durch das weiter unten gegebene Beispiel bestätigt, daß in 7) etwa vorhandene Verzweigungen in die Funktion W' übergehen und in der ursprünglichen Form von W enthaltene verloren gehen.

Natürlich ist bei diesem Verfahren nicht jede Transformation vom Typus 5) zulässig, vielmehr ist die Auswahl durch die Bedingung eingeschränkt, daß man durch Differentiation der Funktion 8) nach den Konstanten $\alpha_1', \alpha_2' \ldots \alpha_f'$ bis auf additive Konstanten die Funktionen F_i' der Gleichungen 6) erhält. Die einzige andere Eigenschaft, welche man von einer JACOBIschen Funktion außer dieser zu fordern hat, besteht nämlich darin, daß ihre Ableitungen nach den Lagenkoordinaten die Impulse darstellen,

Digitized by Google

und ist nach dem Charakter unseres Verfahrens bereits erfüllt. Analytisch drückt sich die einschränkende Bedingung so aus:

$$\frac{\partial^2 W'}{\partial \alpha_i' \partial q_j} = \frac{\partial F_i'}{\partial q_j}, \quad \begin{matrix} i = \\ j = \end{matrix} \Big\} 1, 2, 3 \ldots f. \tag{9}$$

Wir wollen nun zunächst von der Sonderstellung der Energiekonstante absehen und die Transformation ganz allgemein ansetzen, indem wir die Funktionen der Gleichungen 5) auch von β_1' abhängen lassen [1]) und noch die beiden Gleichungen mit dem Index $i = 1$ hinzunehmen. Dann folgt aus der Bedingung 9) mit den abkürzenden Bezeichnungen:

$$a_{hj} = \left\{ \frac{\partial \beta_h}{\partial \beta_j'} - \sum_1^f{}_k \frac{\partial F_h}{\partial \alpha_k} \cdot \frac{\partial \alpha_k}{\partial \beta_j'} \right\}, \quad D = |a_{hj}|, \tag{10}$$

nach einigen Transformationen:

$$\left.\begin{aligned} &\sum_1^f{}_k \frac{\partial F_k}{\partial q_s} \left\{ \left(D \frac{\partial \alpha_k}{\partial \alpha_i'} - \frac{\partial D}{\partial a_{ki}} \right) \right. \\ &\left. - \sum_1^f{}_j \sum_1^f{}_h \frac{\partial \alpha_k}{\partial \beta_j'} \left(\frac{\partial \beta_h}{\partial \alpha_i'} - \sum_1^f{}_l \frac{\partial F_h}{\partial \alpha_l} \cdot \frac{\partial \alpha_l}{\partial \alpha_i'} \right) \frac{\partial D}{\partial a_{hj}} \right\} = 0. \end{aligned}\right\} \tag{11}$$

Diese Gleichung soll für alle q_s gelten, und das ist nur dann möglich, wenn

$$\left.\begin{aligned} &\sum_1^f{}_j \sum_1^f{}_h \frac{\partial \alpha_k}{\partial \beta_j'} \left\{ \frac{\partial \beta_h}{\partial \alpha_i'} - \sum_1^f{}_l \frac{\partial F_h}{\partial \alpha_l} \cdot \frac{\partial \alpha_l}{\partial \alpha_i'} \right\} \frac{\partial D}{\partial a_{hj}} \\ &= D \frac{\partial \alpha_k}{\partial \alpha_i'} - \frac{\partial D}{\partial a_{ki}}, \quad \begin{matrix} i = \\ k = \end{matrix} \Big\} 1, 2, \ldots f. \end{aligned}\right\} \tag{12}$$

Dabei ist zu berücksichtigen, daß ihrer physikalischen Bedeutung nach die Konstanten α_1 und β_1 die Energie und die von einem willkürlichen Anfangsmoment gemessene Zeit darstellen. Es liegt nahe, diese Sonderstellung auch im gestrichenen System beizubehalten. Man hat dann zu setzen:

$$\alpha_1 = \alpha_1', \ \beta_1 = \beta_1' + \bar{\beta}_1 (\alpha_1', \alpha_2' \ldots \alpha_f'; \ \beta_2', \beta_3' \ldots \beta_f'),$$

während die Funktionen α_i, β_i $(i \neq 1)$ von β_1' unabhängig sind, also die in 5) gegebene Form haben. Auf ein System von zwei

[1]) Wir verstehen also unter β_1 (bzw. β_1') $t - t_0$ (bzw. $t - t_0'$) im Gegensatz zu § 4.

Digitized by Google

Freiheitsgraden angewendet, liefert dies das folgende System von Transformationsgleichungen:

$$\left.\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_1', & \alpha_2 &= \alpha_2(\alpha_1', \alpha_2', \beta_2'), \\ \beta_1 &= \beta_1' + \bar{\beta}(\alpha_1', \alpha_2', \beta_2'), & \beta_2 &= \beta_2(\alpha_1', \alpha_2', \beta_2'). \end{aligned}\right\} \quad 13)$$

Von den vier Gleichungen 12) erweisen sich zwei als identisch erfüllt, während die zwei übrigen die folgende Gestalt annehmen:

$$\frac{\partial \alpha_2}{\partial \alpha_2'} \cdot \frac{\partial \beta_2}{\partial \beta_2'} - \frac{\partial \alpha_2}{\partial \beta_2'} \cdot \frac{\partial \beta_2}{\partial \alpha_2'} = 1, \quad 14)$$

$$\frac{\partial \alpha_2}{\partial \alpha_1'} \cdot \frac{\partial \beta_2}{\partial \beta_2'} - \frac{\partial \alpha_2}{\partial \beta_2'} \cdot \frac{\partial \beta_2}{\partial \alpha_1'} = -\frac{\partial \bar{\beta}}{\partial \beta_2'}. \quad 15)$$

Bei unserem Verfahren wird die Funktion $\bar{\beta}$ überhaupt nicht verwendet, es kommt uns nur auf die Form von α_2 und β_2 an. Haben wir für diese Funktionen einen Ausdruck gefunden, welcher der Gleichung 14) genügt, so können wir stets die Bedingung 15) durch geeignete Wahl des für unsere Zwecke belanglosen $\bar{\beta}$ erfüllen. Die zwei Funktionen α_2 und β_2 sind also in ihrer Auswahl durch eine einzige Differentialgleichung 14) beschränkt: Es ist also eine jede Substitution von der Determinante 1 zulässig.

Es wäre nun interessant, ein Kriterium aufzustellen, wann durch eine solche Transformation in die JACOBIsche Funktion (bzw. in die Impulse) neue Singularitäten eingeführt werden. Daß dies wirklich vorkommt, beweist das im nächsten Paragraphen behandelte Beispiel.

§ 3. Als Beispiel wählen wir das zweidimensionale Problem eines an eine Ruhelage elastisch gebundenen Massenpunktes von der Masse m. In kartesischen Koordinaten ist die Energiegleichung in diesem Falle:

$$p_x^2 + p_y^2 = -am(x^2 + y^2) + 2mA. \quad 16)$$

Die JACOBIsche Funktion muß außer der Energie A $(= \alpha_1)$ noch eine zweite Konstante enthalten, und als solche wählen wir die Flächenkonstante:

$$p = xp_y - yp_x. \quad 17)$$

Digitized by Google

Aus den beiden letzten Gleichungen bestimmen wir die Impulse p_x und p_y als Funktionen von x, y, A, p und erhalten für das Differential der Wirkungsfunktion:

$$\left.\begin{aligned} dW = p_x dx + p_y dy = p\,\frac{x\,dy - y\,dx}{x^2+y^2} \\ + \frac{x\,dx + y\,dy}{x^2+y^2}\,\sqrt{-ma(x^2+y^2)^2 + 2mA(x^2+y^2) - p^2} \end{aligned}\right\} \quad 2')$$

oder mit den Bezeichnungen:

$$\varphi = \operatorname{arctg}\frac{y}{x}, \quad r = \sqrt{x^2+y^2}, \qquad 18)$$

$$dW = p\,d\varphi + \frac{dr}{r}\,\sqrt{-mar^4 + 2mAr^2 - p^2}. \qquad 2'')$$

Die Wahl der Konstanten p führt also ohne weiteres auf Polarkoordinaten. Verzweigungen treten, wie man aus 2'') ersieht, im Nullpunkt und auf zwei Kreisen um denselben auf, deren Radien die beiden Nullstellen des Radikanden sind.

Die Bahngleichung wird nach 4) durch Differentiieren und Gleichsetzen einer Konstanten (φ_0) gewonnen und hat die Form:

$$\left.\begin{aligned} &[mA + \sqrt{m^2A^2 - map^2}\,.\sin 2\varphi_0]\,x^2 \\ &+ [mA - \sqrt{m^2A^2 - map^2}\,.\sin 2\varphi_0]\,y^2 \\ &- 2\,\sqrt{m^2A^2 - map^2}\,.\cos 2\varphi_0\,.xy - p^2 = 0. \end{aligned}\right\} \quad 4')$$

Jetzt führen wir an Stelle von p und φ_0 durch die Transformation:

$$\left.\begin{aligned} p &= -\sqrt{\frac{m}{a}}\cdot\sqrt{A^2-\alpha^2}\cdot\sin\left(2\sqrt{\frac{a}{m}}\,\beta\right), \\ \varphi_0 &= \frac{1}{2}\operatorname{arctg}\frac{\alpha}{\sqrt{A^2-\alpha^2}\,.\cos\left(2\sqrt{\frac{a}{m}}\,\beta\right)}, \end{aligned}\right\} \quad 5')$$

die neuen Konstanten α und β ein und verfahren genau nach der in § 2 gegebenen Anweisung. Man überzeugt sich leicht, daß diese Substitution wirklich die Determinante 1 hat und der Gleichung 14), welche sich mit den neuen Bezeichnungen so schreibt:

$$\frac{\partial p}{\partial \alpha}\cdot\frac{\partial \varphi_0}{\partial \beta} - \frac{\partial p}{\partial \beta}\cdot\frac{\partial \varphi_0}{\partial \alpha} = 1, \qquad 14')$$

genügt.

Digitized by Google

Zunächst haben wir diese Ausdrücke in die Bahngleichung 4') einzusetzen und das Resultat nach β aufzulösen:

$$\beta = \arcsin\left(\sqrt{\frac{a}{A-\alpha}}\, y\right) - \arcsin\left(\sqrt{\frac{a}{A+\alpha}}\, x\right), \qquad 6')$$

und daher

$$\sin\beta = \sqrt{\frac{a}{A^2-\alpha^2}}\left[y\sqrt{A+\alpha-ax^2} - x\sqrt{A-\alpha-ay^2}\right], \quad 6'')$$

$$p = \sqrt{m}\left[x\sqrt{A-\alpha-ay^2} - y\sqrt{A+\alpha-ax^2}\right]. \qquad 7')$$

Es ist klar, daß durch Einführen dieses Ausdruckes in das Differential 2) neue Verzweigungen in die JACOBIsche Funktion gebracht werden. Dagegen heben sich die alten weg, denn die in 2) auftretende Wurzel transformiert sich jetzt in folgenden Ausdruck:

$$\sqrt{-mar^4 + 2mAr^2 - p^2} = \sqrt{m}\cdot\sqrt{x^2(A+\alpha-ax^2) + 2xy\sqrt{(A+\alpha-ax^2)(A-\alpha-ay^2)} + y^2(A-\alpha-ay^2)}$$
$$= \sqrt{m}\cdot\left\{x\sqrt{A+\alpha-ax^2} + y\sqrt{A-\alpha-ay^2}\right\}$$

und man erhält für das Differential:

$$dW = \sqrt{m}\left\{\sqrt{A+\alpha-ax^2}\,.\,dx + \sqrt{A-\alpha-a^2y^2}\,dy\right\}. \qquad 8)$$

Die neuen Verzweigungen liegen auf zwei Paaren paralleler Geraden, die alten im Nullpunkt und auf Kreisen sind verschwunden.

Das betrachtete Beispiel gehört zu den sogenannten entarteten Problemen, die sich dadurch auszeichnen, daß sie sich in mehreren Koordinatensystemen integrieren lassen. Deshalb boten sie der Quantentheorie Schwierigkeiten, welche erst durch Arbeiten von EHRENFEST [1]) und BURGERS [2]) in dem bereits von SCHWARZSCHILD vorausgesehenen Sinne gelöst wurden. Auch die Lage der Verzweigungen ist bei solchen Systemen bei jeder Wahl der Separationskoordinaten $(q_1, q_2, \ldots q_f)$ eine andere, denn die Verzweigungen fallen hier mit den Flächen $q_i = \text{const}$ zusammen. Daher wissen wir bei einem entarteten System von vornherein, daß eine Veränderung der Singularitäten nach unserem Verfahren möglich ist [3]). Zu untersuchen wäre, ob sich diese Möglichkeit auf die

[1]) P. EHRENFEST, Ann. d. Phys. (4) **51**, 327, 1916.

[2]) J. M. BURGERS, 25. Nov. 1916; ebenda (4) **52**, 195, 1917.

[3]) Das von EINSTEIN (l. c., § 5) zur Illustration herangezogene Beispiel eines Massenpunktes unter der Wirkung einer Zentralkraft ist je nach dem Kraftgesetz ein Fall der Entartung oder auch nicht.

Digitized by Google

Fälle der Entartung beschränkt, physikalische Gründe sprechen dafür, daß dies wirklich der Fall ist, und die Untersuchung würde dann eine präzisere, von der Wahl der Koordinaten unabhängige Fassung des Entartungsbegriffes liefern.

§ 4. Anhang. — Es ist vielleicht nützlich, diejenigen Systeme der Mechanik kennen zu lernen, bei denen sich die HAMILTONschen Gleichungen zwar nicht vollständig separieren lassen, wohl aber ein Teil der Koordinaten sich durch Separation abspalten läßt. Solche Systeme führen nur in diesen abspaltbaren Koordinaten Librationen (bzw. Limitationen [1]) aus, weshalb man sie als „partielle Librationsbewegungen" bezeichnen kann.

Wie auch STÄCKEL in der Theorie der bedingt periodischen Bewegungen, beschränken wir uns auf den Fall, daß die kinetische Energie T eine quadratische Funktion der Impulse $p_1, p_2, \ldots p_f$ ist, und nehmen zur Vereinfachung konservative Kräfte mit der potentiellen Energie U an. Dann schreibt sich die Energiegleichung:

$$A_1 p_1^2 + A_2 p_2^2 + \cdots A_f p_f^2 = \alpha_1 - U, \qquad 1)$$

wobei wir unter α_1 wie früher die Gesamtenergie, unter $A_1, A_2, \ldots A_f$ Funktionen der Lagenkoordinaten $q_1, q_2, \ldots q_f$ verstehen [2]).

Setzen wir

$$p_i = \frac{\partial W}{\partial q_i} \quad (i = 1, 2, 3 \ldots f), \qquad 2)$$

so erhalten wir die HAMILTON-JACOBIsche Differentialgleichung in der Form:

$$A_1 \left(\frac{\partial W}{\partial q_1}\right)^2 + A_2 \left(\frac{\partial W}{\partial q_2}\right)^2 + \cdots + A_f \left(\frac{\partial W}{\partial q_f}\right)^2 = \alpha_1 - U. \qquad 3)$$

Aus dem vollständigen, f Konstanten (von denen keine eine additive Konstante ist) enthaltenden Integral dieser Gleichung

$$W = W(q_1, q_2, \ldots q_f; \quad \alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_f) \qquad 4)$$

---

[1]) Vgl. C. L. CHARLIER, Die Mechanik des Himmels, § 94. Leipzig 1902.

[2]) Auch für den Fall relativistischer Mechanik, wenigstens soweit es sich um einen einzelnen Massenpunkt in einem beliebigen Kraftfelde handelt, sind die folgenden Überlegungen mit geringen Modifikationen gültig.

Digitized by Google

erhält man durch Differentiation nach q_i und α_i die Lösungen der HAMILTONschen kanonischen Differentialgleichungen, nämlich neben 2) das folgende System:

$$\left.\begin{aligned} \beta_1 + t &= \frac{\partial W}{\partial \alpha_1}, \\ \beta_k &= \frac{\partial W}{\partial \alpha_k}, \end{aligned}\right\} \quad (k = 2, 3, \ldots f), \qquad 2a)$$

wo $\beta_1, \beta_2, \ldots \beta_f$ f neue Konstanten und t die Zeit bedeutet.

Unter der Bezeichnung, daß „ein Teil der Variablen durch Separation abspaltbar ist", verstehen wir den Fall, wenn die JACOBIsche Funktion W in der folgenden Form darstellbar ist:

$$\left.\begin{aligned} W = W^{(1)}(q_1) + W^{(2)}(q_2) + \cdots + W^{(s)}(q_s) \\ + W'(q_{s+1}, q_{s+2}, \cdots q_f). \end{aligned}\right\} \qquad 5)$$

Unter dieser Voraussetzung gewinnt man ohne wesentliche Veränderung der STÄCKELschen Überlegungen den folgenden Satz:

1. Wenn sich von der HAMILTON-JACOBIschen Differentialgleichung s Variable $q_1, q_2, \ldots q_s$ durch Separation abspalten lassen, so gibt es notwendig ein System von $f(f+1)$ Funktionen

$$\left.\begin{aligned} &\varphi_{ih}(q_i), && (i = 1, 2, \ldots s;\ h = 1, 2, \ldots f) \\ &\varphi'_{ih}(q_{s+1}, q_{s+2}, \cdots q_f), && (i = s+1, s+2, \ldots f;\ h = 1, 2, \ldots f) \\ &\psi_i(q_i), && (i = 1, 2, \ldots s) \\ &\psi'_i(q_{s+1}, q_{s+2}, \cdots q_f), && (i = s+1, s+2, \ldots f) \end{aligned}\right\} \qquad 6)$$

von solchen Eigenschaften, daß

a) die Determinante der f^2 Funktionen φ_{ih} und φ'_{ih} von Null verschieden ist

$$\Delta = |\varphi_{ih}| \neq 0, \qquad 7)$$

b) die Koeffizienten $A_1, A_2 \ldots A_f$ der Gleichung 3) sich durch die Ausdrücke:

$$\left.\begin{aligned} A_i &= \frac{1}{\Delta}\frac{\partial \Delta}{\partial \varphi_{i_1}}, && (i = 1, 2, \ldots s) \\ A_i &= \frac{1}{\Delta}\frac{\partial \Delta}{\partial \varphi'_{i_1}}, && (i = s+1, s+2, \ldots f) \end{aligned}\right\} \qquad 8)$$

Digitized by Google

c) und die potentielle Energie sich durch den Ausdruck:

$$U = -\sum_1^s \psi_i \frac{1}{\Delta} \frac{\partial \Delta}{\partial \varphi_{i_1}} - \sum_{s+1}^f \psi_i' \frac{1}{\Delta} \frac{\partial \Delta}{\partial \varphi_{i_1}'} \qquad 9)$$

darstellen lassen.

2. Umgekehrt, wenn man ein System von Funktionen 6) mit den Eigenschaften 7), 8), 9) aufstellen kann, so sind von der HAMILTON-JACOBIschen Differentialgleichung die Variablen $q_1, q_2, \ldots q_s$ durch Separation abspaltbar, und die Funktion W erhält die folgende Form:

$$W = \sum_1^s W^{(i)}(q_i) + W', \qquad 5)$$

wo

$$\left.\begin{aligned} W^{(i)}(q_i) &= \int \sqrt{\Phi_i(q_i)}\, dq_i = \int \sqrt{\psi_i(q_i) + \sum_1^f{}_h \alpha_h \varphi_{ih}(q_i)}\, dq_i, \\ W' &= \sum_s^f{}_i \int \sqrt{\Phi_i'(q_{s+1}, q_{s+2}, \ldots q_f)} \\ &= \sum_s^f{}_i \int \sqrt{w_i'(q_{s+1}, \ldots q_f) + \sum_1^f{}_h \alpha_h \varphi_{ih}'(q_{s+1}, \ldots q_f)}\, dq_i. \end{aligned}\right\} \qquad 10)$$

Hieraus ergeben sich nach 2) und 2a) die Integrale der kanonischen Gleichungen in der Form:

$$\left.\begin{aligned} p_i &= \sqrt{\Phi_i(q_i)} \quad , \quad \text{für} \quad i = 1, 2, \ldots 3, \\ p_i &= \sqrt{\Phi_i'(q_{s+1}, \ldots q_f)}, \quad \text{„} \quad i = s+1, \ldots f. \end{aligned}\right\} \qquad 11)$$

$$\left.\begin{aligned} \beta_1 + t &= \frac{1}{2} \sum_1^s{}_i \int \frac{\varphi_{i_1}(q_i)}{\sqrt{\Phi_i(q_i)}}\, dq_i + \sum_{s+1}^f{}_i \int \frac{\partial \sqrt{\Phi_i'}}{\partial \alpha_1}\, dq_i, \\ \beta_k &= \frac{1}{2} \sum_1^s{}_i \int \frac{\varphi_{ik}(q_i)}{\sqrt{\Phi_i(q_i)}}\, dq_i + \sum_{s+1}^f{}_i \int \frac{\partial \sqrt{\Phi_i'}}{\partial \alpha_k}\, dq_i. \end{aligned}\right\} \qquad 11\,a)$$

Die Koordinaten $q_1, q_2 \ldots q_s$ gehen in diese Gleichungen in derselben Weise ein wie bei bedingt periodischen Bewegungen, und es gelten für sie deshalb alle Folgerungen, die man in der Theorie der letzteren über die Bewegungsform zieht. Insbesondere, wenn sich q_i zwischen zwei einfachen Wurzeln a_i und b_i der Funktion $\Phi_i(q_i)$ befindet, so bilden diese Wurzeln die Librationsgrenzen, zwischen denen sich q_i hin- und herbewegt, und

Digitized by Google

während q_i alle diese Werte durchläuft und zum Anfangswert zurückkehrt, ändert sich das betreffende Integral um die Größe:

$$\omega_{ih} = 2 \int_{a_i}^{b_i} \frac{\varphi_{ih}(q_i)}{\sqrt{\Phi_i(q_i)}} \, dq_i. \tag{12}$$

Es ist nun möglich und vorteilhaft, auch hier ein Analogon zu den WEIERSTRASSschen Winkelkoordinaten durch den Ansatz:

$$\frac{1}{2} \sum_1^s \int \frac{\varphi_{ih}(q_i)}{\sqrt{\Phi_i(q_i)}} \, dq_i = \frac{1}{\pi} \sum_1^s \omega_{ih} w_i \tag{13}$$

einzuführen. Die Variablen w_i sind hier jedoch nicht mehr lineare Funktionen der Zeit.

Es entsteht nun die Frage, wie man die den neuen Variablen w_i kanonisch konjugierten Impulse finden kann. Wir behaupten, diese Impulse sind die Integrale:

$$\overline{W}^{(i)} = \frac{1}{\pi} \int_{a_i}^{b_i} \sqrt{\Phi_i(q_i)} \, dq_i, \quad (i = 1, 2, \ldots s). \tag{14}$$

Zum Beweise differentiieren wir die Gleichungen 11a) und 13) nach t und erhalten:

$$\left.\begin{aligned} 1 &= \frac{1}{\pi} \sum_1^s \omega_{i_1} \dot{w}_i + \sum_{s+1}^f \frac{\partial \sqrt{\Phi_i'}}{\partial \alpha_1} \dot{q}_i, \\ 0 &= \frac{1}{\pi} \sum_1^s \omega_{ih} \dot{w}_i + \sum_{s+1}^f \frac{\partial \sqrt{\Phi_i'}}{\partial \alpha_h} \dot{q}_i, \quad (h = 2, 3, \ldots f). \end{aligned}\right\} \tag{15}$$

Andererseits können wir aus den s Gleichungen 14) zusammen mit den $f-s$ der zweiten Gruppe von 11) die f Konstanten $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_f$ als Funktionen von $\overline{W}$, $p_{s+1}, p_{s+2}, \ldots p_f$, q bestimmen, und erhalten für die Energie

$$\alpha_1 = H'(\overline{W}^{(1)}, \overline{W}^{(2)}, \ldots \overline{W}^{(s)}; \; p_{s+1}, p_{s+2} \ldots p_f; \; q_1, q_2, \ldots q_f). \tag{16}$$

Wir haben zu beweisen, daß dieser Ausdruck die HAMILTONsche Funktion in den neuen Variablen darstellt. In den ursprünglichen Koordinaten p, q würden wir die HAMILTONsche Funktion erhalten haben, wenn wir an Stelle der Beziehungen 14) die Gleichungen

$$p_i = \sqrt{\Phi_i(q_i)}, \quad (i = 1, 2, \ldots s)$$

benutzt hätten:

$$\alpha_1 = H(p_1, p_2 \ldots p_f; \; q_1, q_2, \ldots q_f).$$

Digitized by Google

In den Ausdruck 16) gehen daher die Koordinaten

$$p_{s+1}, \dots p_1; \quad q_{s+1}, \dots q_f$$

in genau derselben Weise ein wie in den letzteren, und er unterscheidet sich von diesem nur dadurch, daß an Stelle der Parameter $p_1, p_2 \dots p_s$; $q_1, q_2, \dots q_s$ in bestimmter Weise die Größen $\overline{W}_1, \overline{W}_2, \dots \overline{W}_s$ substituiert werden. Deshalb bleiben zwischen den Variablen der ersten Gruppe auch die kanonischen Beziehungen bestehen

$$\dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}, \quad \dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}, \quad (i = s+1, s+2, \dots f).$$

Differentiiert man jetzt die Identität 16) nach den Konstanten $\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_f$, so ergibt sich mit Berücksichtigung der Gleichungen 11) und der Beziehung $\frac{\partial \overline{W}^{(i)}}{\partial \alpha_h} = \frac{\omega_{ih}}{\pi}$

$$\left.\begin{aligned} 1 &= \sum_1^s \frac{\partial H}{\partial \overline{W}^{(i)}} \cdot \frac{\omega_{i_1}}{\pi} + \sum_{s+1}^f \frac{\partial \sqrt{\Phi_i'}}{\partial \alpha_1} \dot{q}_i, \\ 0 &= \sum_1^s \frac{\partial H}{\partial \overline{W}^{(i)}} \cdot \frac{\omega_{ih}}{\pi} + \sum_{s+1}^f \frac{\partial \sqrt{\Phi_i'}}{\partial \alpha_h} \dot{q}_i, \quad (h = 2, 3 \dots f). \end{aligned}\right\} \quad 17)$$

Der Vergleich mit 15) liefert:

$$\dot{w}_i = \frac{\partial H}{\partial \overline{W}^{(i)}}, \quad \text{und} \quad \dot{\overline{W}}^{(i)} = -\frac{\partial H}{\partial w_i} = 0.$$

Die zweite Gleichung ist evident, da H von w_i unabhängig und $\overline{W}^{(i)}$ konstant ist.

Wir sind also zu dem Resultat gelangt, daß im Falle partieller Librationsbewegungen stets eine Wahl der Koordinaten möglich ist, bei welcher ein Teil der Lagenkoordinaten nicht in die HAMILTONsche Funktion eingeht, so daß die entsprechenden Impulskoordinaten konstant sind.

Machen wir die Annahme, daß diese konstanten Impulse genau so zu behandeln sind wie in der Theorie der bedingt periodischen Bewegungen, nämlich gleich $\frac{nh}{2\pi}$ zu setzen sind, so ermöglicht uns der eben bewiesene Satz, manches experimentell prüfbare Problem um einige Freiheitsgrade zu reduzieren und es dadurch unter Umständen rechnerisch erheblich zu vereinfachen.

München, Juni 1917.

Digitized by Google

Nachtrag. — Während die Erörterungen der §§ 2, 3 nur Ausnahmefälle betreffen, scheint uns die EINSTEINsche Theorie noch in einem anderen Punkte von wichtigerer Bedeutung der Ergänzung zu bedürfen. Um die Verhältnisse klarer hervortreten zu lassen, wollen wir wieder an ein spezielles Beispiel anknüpfen, und zwar an den auch von EINSTEIN betrachteten zweidimensionalen Fall eines Massenpunktes (Masse m) unter der Einwirkung einer zentralen Kraft. Dabei möge die potentielle Energie die folgende Form haben:

$$U = -\sum_{0}^{2k-1} c_i r^{2k-i},$$

die Zahlenwerte der Koeffizienten lassen wir vorläufig offen. Dies führt in Polarkoordinaten auf die Energiegleichung:

$$\frac{m}{2}\left(p_r^2 + \frac{p^2}{r^2}\right) = \alpha_1 + \sum_{0}^{2k-1} c_i r^{2k-i},$$

woher

$$dW = p\,d\varphi + p_r\,dr,$$

$$p_r = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{2}{m}\cdot\sum_{0}^{2k-1} c_i r^{2k+2-i} + \frac{2\alpha_1}{m}r^2 - p^2}.$$

Wir denken uns nun die Koeffizienten c_i so gegeben, daß der Radikand bei den durch die Quantenregeln geforderten Werten von p $2k+2$ einfache reelle und positive Wurzeln $a_1 > a_2 > a_3 > \ldots > a_{2k+2}$ besitzt:

$$p_r = \frac{C}{r}\sqrt{(a_1 - r)(r - a_2)\ldots r - a_{2k+2}}.$$

Der „rationelle Koordinatenraum“ besteht hier also aus einer zweiblätterigen RIEMANNschen Fläche, deren Blätter sich, abgesehen von der Verzweigung bei $\varphi = 0$, längs $2k+2$ Kreisen von den Radien $a_1, a_2, \ldots a_{2k+2}$ durchsetzen. Dieses Gebilde läßt also $2k+1$ nicht auf einen Punkt reduzierbare geschlossene Kurven zu, wenn wir uns auf Umläufe zwischen benachbarten Verzweigungskreisen beschränken.

Aus diesem für bedingt periodische Bewegungen typischen Beispiel ersehen wir, daß die Zahl der nicht auf einen Punkt reduzierbaren geschlossenen Kurven im allgemeinen nicht der

Digitized by Google

Zahl der Freiheitsgrade gleich, sondern größer ist[1]). Man hat also die EINSTEINsche Vorschrift, daß alle derartigen Umläufe für die Quantenbedingungen heranzuziehen sind, in doppelter Beziehung einzuschränken:

1. Sind von vornherein diejenigen k geschlossenen Kurven auszuschließen, welche imaginären Werten des Impulses p_r entsprechen, denn sie würden auf physikalisch unmögliche statische Bahnen führen.

2. Von den übrig bleibenden $k+1$ reellen Umläufen ist jeweils nur ein einziger für die Quantenbedingung zu berücksichtigen, da die Konstante α_1 (bei vorgegebenem p) bereits durch eine Bedingung vollständig bestimmt ist. Dem entspricht auch der Umstand, daß die Bewegung des Massenpunktes stets zwischen einem einzigen Paar benachbarter Wurzelwerte von r abläuft.

Diese Einschränkungen scheinen uns darauf hinauszulaufen, daß man bei Aufstellung der Quantenbedingungen nicht ausschließlich mit dem „rationellen Koordinatenraum" operieren kann, sondern bis zu einem gewissen Grade direkt an die Eigenschaften der Bewegungsform anknüpfen muß. Von diesem Standpunkte gesehen, sind vielleicht auch die Separationskoordinaten, welche ja den geometrischen Ort der Umkehrpunkte der Bewegung darstellen, kein der Problemstellung der Quantentheorie so wesensfremdes Element, wie es sonst scheinen könnte.

---

[1]) Auch im Falle des Starkeffektes hat einer der Radikanden eine überzählige Wurzel, welche unter Umständen (nämlich, wenn sie mit einer anderen zusammenfällt) zu besonderen statischen Bahnen (Limitationen) Anlaß gibt. Die letzteren kommen indessen wegen ihrer Energiekonstanten (ungefähr proportional der Quadratwurzel aus der elektrischen Feldstärke) für den Starkeffekt nicht in Betracht.

Digitized by Google

Bandenspektrum und molekulare Quantendrehungen;

von M. v. Laue.

(Eingegangen am 9. Juli 1917.)

Die Formel von DESLANDRES

$$\nu = a + bm^2 \qquad 1)$$

für die Schwingungszahl ν der Spektrallinien in manchen Banden hat SCHWARZSCHILD [1]) nach der Quantentheorie zu deuten versucht. Er stellt sich vor, ein Elektronensystem kreise um ein in Drehung befindliches Molekül, wobei die Ladungen im Molekül zentrisch-symmetrisch verteilt sein sollen, damit diese Drehung die Elektronenbewegung nicht durch Veränderungen des elektrischen Feldes beeinflußt und nicht durch sie beeinflußt wird. (Die Frage, ob nicht das magnetische Feld der Drehung einen Einfluß ausübt, wird dabei übergangen.) Ist F_n dann die Energie einer quantenhaft ausgezeichneten Elektronenbewegung, die der Quantenzahl n entspricht, so wird die Energie des ganzen Systems für derart ausgezeichnete Zustände

$$E = F_n + \frac{m^2h^2}{8\pi M} \quad (m \text{ eine ganze Zahl, } M \text{ das Trägheitsmoment}), \qquad 2)$$

weil

$$L = \frac{m^2h^2}{8\pi M} \qquad 3)$$

die Energie einer Quantendrehung ist. Geht dann gleichzeitig die Elektronenbewegung in einen anderen, durch die Quantenzahl n gekennzeichneten Zustand und die Drehung in eine andere Quantendrehung m' über, so ist nach dem zweiten BOHRschen Ansatz die entsandte Schwingungszahl

$$\nu = \frac{F_n - F_n'}{h} + \frac{h}{8\pi M}(m^2 - m'^2). \qquad 4)$$

Läßt man in dieser Formel m bei festgehaltenem n, n' und m' ganzzahlige Werte durchlaufen, so erhält man in der Tat die DESLANDRESsche Formel.

[1]) K. SCHWARZSCHILD, Berl. Sitzungsber. 1916, S. 548.

Digitized by Google

Wir wollen diese Hypothese nun durch Anwendung auf den Zeemaneffekt prüfen und vor allem nach dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes auf die Quantendrehungen fragen. Das erscheint zunächst ganz aussichtsreich, da man bei Bandenlinien häufig sogenannte anomale oder positive Zeemaneffekte gefunden hat, welche auf das Mitwirken positiver Elektrizitätsträger zu deuten scheinen[1]). Leider führt unsere Rechnung zu dem Ergebnis, daß die Veränderungen der Quantendrehungen, welche man bei der Anwendung der SOMMERFELD-EPSTEINschen Regeln[2]) dem Magnetfeld zuschreiben muß, eine viel zu kleine, wohl kaum jemals zu beobachtende Veränderung der Schwingungszahl hervorrufen.

Freilich bestehen gegen diesen Plan von vornherein Bedenken. Schon den Zeemaneffekt an Serienlinien hat die Quantentheorie nicht in allen Punkten richtig zu erklären vermocht[3]); und man kann die Frage aufwerfen, ob überhaupt die Übertragung der SOMMERFELD-EPSTEINschen Regeln auf Fälle mit Kräften ohne potentielle Energie, wie sie das Magnetfeld auf bewegte elektrische Ladungen ausübt, zulässig ist. Immerhin sind die Beziehungen zwischen dem wirklichen und dem quantentheoretisch berechneten Zeemaneffekt bei den Serienlinien so eng, daß man derartigen Rechnungen nicht jedes Vertrauen verweigern kann.

1. Die HAMILTONsche Funktion. Wir denken uns den zentrisch-symmetrisch geladenen starren Körper, um dessen Drehungen um den Schwerpunkt es sich handeln soll, der Einfachheit halber als Kugel und legen durch seinen Schwerpunkt drei nach Willkür ausgewählte, fest mit ihm verbundene, zueinander senkrechte Achsen, die ξ-, η- und ζ-Achse. Deren Richtungen gegen die magnetische Feldstärke $\mathfrak{H}$ und zwei andere, zu $\mathfrak{H}$ senkrechte, raumfeste Richtungen bestimmen wir in der üblichen Weise durch die drei der CARDANIschen Aufhängung entsprechenden Winkel α, β, φ, und zwar soll β den Winkel zwischen der ζ-Achse und $\mathfrak{H}$ bedeuten[4]). Die Komponenten der Drehgeschwindigkeit u

[1]) Vgl. z. B. DUFOURs Beobachtungen von Baryumchloriddampf in Flammen. A. DUFOUR, Phys. ZS. **10**, 124, 1909.

[2]) A. SOMMERFELD, Ann. d. Phys. (4) **51**, 1 u. 125, 1916; P. S. EHRENFEST, ebenda (4) **50**, 489, 1916; **51**, 168, 1916.

[3]) A. SOMMERFELD, Phys. ZS. **17**, 491, 1916; P. DEBYE, ebenda, S. 507, 1916.

[4]) Vgl. z. B. die Figur auf S. 331 bei H. v. HELMHOLTZ, Vorlesungen über die Dynamik direkter Massenpunkte, Leipzig 1898.

Digitized by Google

stehen dann mit diesen Winkeln und ihren Ableitungen nach der Zeit, $\dot{\alpha}$, $\dot{\beta}$, $\dot{\varphi}$, in den bekannten Zusammenhängen:

$$\left.\begin{aligned} u_\xi &= -\dot{\beta}\cos\alpha - \dot{\varphi}\sin\alpha\sin\beta \\ u_\eta &= +\dot{\beta}\sin\alpha - \dot{\varphi}\cos\alpha\sin\beta \\ u_\zeta &= \dot{\alpha} + \dot{\varphi}\cos\beta, \end{aligned}\right\} \qquad 5)$$

während die Richtungskosinus der ξ-, η- und ζ-Achse gegen $\mathfrak{H}$ durch die Formeln

$$\left.\begin{aligned} \cos(\xi\,\mathfrak{H}) &= -\sin\alpha\sin\beta \\ \cos(\eta\,\mathfrak{H}) &= -\cos\alpha\sin\beta \\ \cos(\zeta\,\mathfrak{H}) &= \cos\beta \end{aligned}\right\} \qquad 6)$$

gegeben sind.

Da eine elektrische Punktladung e, die sich mit der Geschwindigkeit $\mathfrak{q}$ bewegt, die Kraft

$$\frac{e}{c}[\mathfrak{q}\mathfrak{H}] \qquad 7)$$

erfährt, erleidet die Kugel ein Drehmoment

$$\mathfrak{D} = \frac{1}{c}\int \varrho\,\big[\mathfrak{r}[\mathfrak{q}\mathfrak{H}]\big]\,d\tau,$$

wenn $\mathfrak{r}$ den vom Mittelpunkt nach dem Volumelement $d\tau$ gezogenen Radiusvektor, ϱ die Dichte der Ladung bedeutet und die Integration über ihren Rauminhalt ausgedehnt wird. Nun ist aber

$$\mathfrak{q} = [\mathfrak{u}\mathfrak{r}],$$

und nach einer bekannten Rechnungsregel darf man

$$\big[[\mathfrak{u}\mathfrak{r}],\mathfrak{H}\big] = \mathfrak{r}(\mathfrak{u}\mathfrak{H}) - \mathfrak{u}(\mathfrak{r}\mathfrak{H})$$

setzen; somit wird

$$\mathfrak{D} = \frac{1}{c}\int \varrho\,(\mathfrak{H}\mathfrak{r})[\mathfrak{u}\mathfrak{r}]\,d\tau$$

oder

$$\mathfrak{D}_x = \frac{1}{c}\int \varrho\,(x\mathfrak{H}_x + y\mathfrak{H}_y + 2\,\mathfrak{H}_z)(u_y z - u_z y)\,d\tau \text{ usw.}$$

Infolge der Kugelsymmetrie ist aber

$$\begin{aligned} \int \varrho yz\,d\tau &= \int \varrho zx\,d\tau = \int \varrho xy\,d\tau = 0 \\ \int \varrho x^2\,d\tau &= \int \varrho y^2\,d\tau = \int \varrho z^2\,d\tau = \tfrac{1}{2}P, \end{aligned}$$

wobei

$$P = \int \varrho\,(y^2+z^2)\,d\tau = \int \varrho\,(z^2+x^2)\,d\tau = \int \varrho\,(x^2+y^2)\,d\tau$$

Digitized by Google

das „elektrische Trägheitsmoment“ bedeutet. Also wird

$$\mathfrak{D}_x = \frac{P}{2c}(u_y \mathfrak{H}_z - u_z \mathfrak{H}_y)$$

und

$$\mathfrak{D} = \frac{P}{2c}[u\mathfrak{H}]. \qquad 8)$$

Es handelt sich nun darum, die diesem Drehmoment entsprechende HAMILTONsche Funktion zu finden. Nach DEBYE [1]) hat man für die Punktladung e zur Differenz der kinetischen und potentiellen Energie noch $\frac{e}{2c}(\mathfrak{H}[\mathfrak{r}\mathfrak{q}])$ zu addieren, um zu der HAMILTONschen Funktion für die Kraft 7) zu gelangen. Hier wäre der Zusatz dementsprechend

$$\frac{1}{2c}\int \varrho(\mathfrak{H}[\mathfrak{r}\mathfrak{q}])\,d\tau = \frac{1}{2c}(\mathfrak{H}, \int \varrho[\mathfrak{r}\mathfrak{q}]\,d\tau). \qquad 9)$$

Wäre ϱ die Massendichte, so wäre $\int \varrho[\mathfrak{r}\mathfrak{q}]\,d\tau$ der Drehimpuls, den man der Kugelsymmetrie wegen gleich dem Produkt aus dem Trägheitsmoment und dem Vektor u setzen dürfte. Hier brauchen wir nur das mechanische Trägheitsmoment durch das elektrische zu ersetzen:

$$\int \varrho[\mathfrak{r}\mathfrak{q}]\,d\tau = P\mathfrak{u}.$$

Dann finden wir für den Zusatz 9) in Hinblick auf 5) und 6)

$$\frac{P}{2c}(\mathfrak{H}\mathfrak{u}) = \frac{P|\mathfrak{H}|}{2c}\left(u_\xi \cos(\xi\mathfrak{H}) + u_\eta \cos(\eta\mathfrak{H}) + u_\zeta \cos(\zeta\mathfrak{H})\right)$$
$$= \frac{P|\mathfrak{H}|}{2c}\,(\dot{\alpha}\cos\beta + \dot{\varphi}).$$

Die kinetische Energie ist aber nach 5), wenn wir das Trägheitsmoment M nennen:

$$L = \tfrac{1}{2}M\mathfrak{u}^2 = \tfrac{1}{2}M(\dot{\alpha}^2 + \dot{\beta}^2 + \dot{\varphi}^2 + 2\dot{\alpha}\dot{\varphi}\cos\beta); \qquad 10)$$

eine potentielle Energie fehlt, also ist die HAMILTONsche Funktion:

$$H = \tfrac{1}{2}M\mathfrak{u}^2 + \frac{1}{2c}P(\mathfrak{H}\mathfrak{u})$$
$$= \tfrac{1}{2}M(\dot{\alpha}^2 + \dot{\beta}^2 + \dot{\varphi}^2 + 2\dot{\alpha}\dot{\varphi}\cos\beta) + \frac{1}{2c}P|\mathfrak{H}|(\dot{\alpha}\cos\beta + \dot{\varphi}). \qquad 11)$$

[1]) P. DEBYE, Phys. ZS. 17, 507, 1916.

Digitized by Google

Zur Bestätigung wollen wir aus 11) und der LAGRANGEschen Gleichung zweiter Art für die Koordinate α die auf der ζ-Achse bezügliche EULERsche Bewegungsgleichung ableiten. Es ist in Rücksicht auf 5):

$$\frac{\partial H}{\partial \alpha} = 0,$$

$$\frac{\partial H}{\partial \dot{\alpha}} = M(\dot{\alpha} + \dot{\varphi}\cos\beta) + \frac{1}{2c} P|\mathfrak{H}|\cos\beta = M u_\zeta + \frac{1}{2c} P|\mathfrak{H}|\cos\beta,$$

folglich lautet diese Gleichung:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial H}{\partial \dot{\alpha}}\right) = 0 \quad \text{oder} \quad M\dot{u}_\zeta = \frac{1}{2c} P|\mathfrak{H}|\sin\beta\dot{\beta}.$$

Mit dem rechts auftretenden Ausdruck stimmt aber, wie zu verlangen ist, nach 8), 5) und 6) überein:

$$\mathfrak{D}_\zeta = \frac{1}{2c} P|\mathfrak{H}|\left(u_\xi\cos(\eta\mathfrak{H}) - u_\eta\cos(\xi\mathfrak{H})\right) = \frac{1}{2c} P|\mathfrak{H}|\sin\beta\dot{\beta}.$$

Für die ξ- und η-Achse wäre die Rechnung nicht so einfach. Da aber die physikalisch durch nichts unterschiedenen drei Achsen lediglich infolge der Wahl unserer Koordinaten mathematisch verschieden auftreten, bedarf es keiner Rechnung, um zu beweisen, daß man aus der ersten Zeile der Gleichung 11) ebenso für die ξ- und η-Achse die EULERsche Gleichung ableiten kann, wie für die ζ-Achse.

2. Die HAMILTON-JACOBIsche Differentialgleichung und ihre Lösung. Wir setzen zur Abkürzung

$$\frac{P|\mathfrak{H}|}{2cM} = \omega. \tag{11a}$$

Für die Momente p_α, p_β, p_φ finden wir dann aus 11):

$$\left.\begin{aligned} p_\alpha &= \frac{\partial H}{\partial \dot{\alpha}} = M\left(\dot{\alpha} + (\dot{\varphi} + \omega)\cos\beta\right) \\ p_\beta &= \frac{\partial H}{\partial \dot{\beta}} = M\dot{\beta} \\ p_\varphi &= \frac{\partial H}{\partial \dot{\varphi}} = M\left(\dot{\alpha}\cos\beta + (\dot{\varphi} + \omega)\right) \end{aligned}\right\} \tag{12}$$

Die Auflösungen dieser Gleichungen nach $\dot{\alpha}$, $\dot{\beta}$, $\dot{\varphi}$ lauten:

$$\dot{\alpha} = \frac{p_\alpha - p_\varphi\cos\beta}{M\sin^2\beta}, \qquad \dot{\beta} = \frac{p_\varphi}{M}, \qquad \dot{\varphi} = \frac{p_\varphi - p_\alpha\cos\beta}{M\sin^2\beta} - \omega. \tag{13}$$

Digitized by Google

Die Energie wird nach 12), wie es hier sein muß, gleich der kinetischen Energie; nämlich:

$$E = \dot{\alpha}\frac{\partial H}{\partial \dot{\alpha}} + \dot{\beta}\frac{\partial H}{\partial \dot{\beta}} + \dot{\varphi}\frac{\partial H}{\partial \dot{\varphi}} - H$$
$$= \tfrac{1}{2} M(\dot{\alpha}^2 + \dot{\beta}^2 + \dot{\varphi}^2 + 2\dot{\alpha}\dot{\varphi}\cos\beta).$$

Drücken wir E als Funktion der Koordinaten und der Momente aus, so finden wir:

$$E(p_\alpha, p_\beta, p_\varphi) = \frac{1}{2M}\left\{p_\beta^2 + \frac{1}{\sin^2\beta}(p_\alpha^2 + p_\varphi^2 - 2p_\alpha p_\varphi\cos\beta)\right\} - \omega p_\varphi + \tfrac{1}{2}\omega^2 M. \quad 14)$$

Um zur HAMILTON-JACOBI schen Differentialgleichung zu gelangen, haben wir hier p_α, p_β, p_φ durch $\frac{\partial W}{\partial \alpha}$, $\frac{\partial W}{\partial \beta}$, $\frac{\partial W}{\partial \varphi}$ zu ersetzen und dann

$$E\left(\frac{\partial W}{\partial \alpha}, \frac{\partial W}{\partial \beta}, \frac{\partial W}{\partial \varphi}\right) = A + \tfrac{1}{2}\omega^2 M$$

zu setzen:

$$\frac{1}{2M}\left\{\left(\frac{\partial W}{\partial \beta}\right)^2 + \frac{1}{\sin^2\beta}\left[\left(\frac{\partial W}{\partial \alpha}\right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial \varphi}\right)^2 - 2\frac{\partial W}{\partial \alpha}\frac{\partial W}{\partial \varphi}\cos\beta\right]\right\} - \omega\frac{\partial W}{\partial \varphi} = A. \quad 15)$$

Die Trennung der Veränderlichen gelingt hier ohne weiteres. Wir können die Differentialgleichung durch den Ansatz

$$W = W_1(\alpha) + W_2(\beta) + W_3(\varphi) \quad 16)$$

lösen, wenn wir

$$\left.\begin{aligned} W_1(\alpha) &= A_1 . \alpha \qquad & W_3(\varphi) &= A_3 . \varphi \\ W_2(\beta) &= \int \frac{d\beta}{\sin\beta}\sqrt{2M(A+\omega A_3)\sin^2\beta + 2A_1A_3\cos\beta - (A_1^2 + A_3^2)} \end{aligned}\right\} \quad 17)$$

setzen; A_1 und A_3 sind dabei Integrationskonstante. Führt man $x = \cos\beta$ als Integrationsveränderliche ein, so findet man statt der letzten Gleichung

$$W_2 = -\int \frac{dx}{1-x^2}\sqrt{ax^2 + 2bx + c}, \quad 18)$$

wobei

$$\left.\begin{aligned} a &= -2M(A + \omega A_3), \\ b &= A_1 A_3, \qquad c = 2M(A + \omega A_3) - (A_1^2 + A_3^2) \end{aligned}\right\} \quad 19)$$

ist. Aus der Gleichung

$$\frac{\partial W}{\partial A} = t - t_0$$

Digitized by Google

erkennt man nach Ausführung der Differentiation leicht, daß x und damit auch β zwischen den zwei Extremwerten $x_{\min}$ und $x_{\max}$, $\beta_{\min}$ und $\beta_{\max}$ dauernd hin und her pendelt, welche die Wurzeln der Gleichung

$$ax^2 + 2bx + c = 0$$

sind.

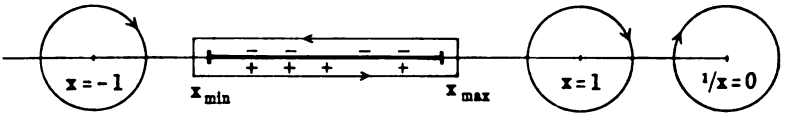
3. Die Quantenbedingungen. Die Grenzen für die Winkel α und φ sind 0 und 2π; die auf sie bezüglichen Quantenbedingungen lauten infolgedessen

$$\left.\begin{aligned} W_1(2\pi) - W_1(0) &= 2\pi A_1 = n_1 h, \\ W_3(2\pi) - W_3(0) &= 2\pi A_3 = n_3 h. \end{aligned}\right\} \qquad 20)$$

Um die Quantenbedingung für β aufzustellen, hat man β von $\beta_{\min}$ bis $\beta_{\max}$ bei positivem Wert der in 17) auftretenden Wurzel wachsen und sodann bei negativem Wurzelwert wieder bis $\beta_{\min}$ abnehmen zu lassen und das in 17) auftretende Integral für diesen Weg gleich $n_2 h$ zu setzen. Statt dessen können wir sogleich schreiben

$$\oint \frac{dx}{1-x^2} \sqrt{ax^2 + 2bx + c} = n_2 h. \qquad 21)$$

Diese Integration führen wir am besten nach SOMMERFELDs Vorgang in der komplexen x-Ebene aus. Die Wurzel ist in einer



zweifach überdeckten RIEMANNschen Ebene einwertig; wir legen den Verzweigungsschnitt längs der reellen x-Achse von $x_{\min}$ bis $x_{\max}$. In dem Blatt, in welchem die positiven Wurzelwerte unterhalb des Verzweigungsschnittes liegen, führen wir den Integrationsweg in dem in der Figur angegebenen Sinn um den Verzweigungsschnitt herum. Diesen Weg formen wir dann in drei Umläufe um die drei Pole des Integranden, $x = -1$, $x = +1$ und $1\,x = 0$, um. Die Residuen sind [vgl. 19)]:

$$\tfrac{1}{2}\sqrt{a - 2b + c} = \tfrac{1}{2}\sqrt{-(A_1 + A_3)^2},$$

wobei die Wurzel negativ imaginär sein muß,

$$-\tfrac{1}{2}\sqrt{a + 2b + c} = -\tfrac{1}{2}\sqrt{-(A_1 - A_3)^2},$$

Digitized by Google

wobei die Wurzel positiv imaginär zu nehmen ist, und

$$-\sqrt{a} = -\sqrt{-2M(A_1 + \omega A_3)}$$

mit ebenfalls positiv imaginärer Wurzel. Folglich hat das Integral in 21) den Wert

$$2\pi i\left[+\frac{i}{2}(A_1 + A_3) + \frac{i}{2}|A_1 - A_3| - i\sqrt{2M(A + \omega A_3)}\right]$$
$$= \begin{cases} 2\pi[\sqrt{2M(A+\omega A_3)} - A_1], \text{ wenn } A_1 > A_3, \\ 2\pi[\sqrt{2M(A+\omega A_3)} - A_3], \text{ wenn } A_1 < A_3. \end{cases}$$

Die Auflösung von Gleichung 21) nach A ergibt in Rücksicht auf 20):

$$A = \begin{cases} \frac{(n_3 + n_1)^2 h^2}{8\pi^2 M} - \frac{n_3 h|\mathfrak{H}|}{4\pi c}\frac{P}{M}, \text{ wenn } n_1 > n_3 \\ \frac{(n_3 + n_3)^2 h^2}{8\pi^2 M} - \frac{n_3 h|\mathfrak{H}|}{4\pi c}\frac{P}{M}, \text{ wenn } n_1 < n_3. \end{cases}$$

Unter Einführung von zwei anderen ganzen Zahlen m und n können wir dafür schreiben:

$$A = \frac{m^2 h^2}{8\pi^2 M} - \frac{nh|\mathfrak{H}|}{4\pi c}\frac{P}{M}. \qquad (m \geqq n) \qquad 22)$$

Dadurch, daß hier nicht drei, sondern nur zwei Quantenzahlen auftreten, kennzeichnet sich unser Problem als ein entartetes im Sinne von EPSTEIN und SCHWARZSCHILD.

4. Diskussion des Ergebnisses. A ist nach Abschnitt 2), abgesehen von dem von den Quantenzahlen unabhängigen Summanden $\frac{1}{2}\omega^2 M = \frac{P^2\mathfrak{H}^2}{8c^2 M}$, die Energie der durch m und n bestimmten Quantendrehung. Die BOHRsche Berechnung der Schwingungszahl beim Übergang von einer Quantenbewegung zur anderen [vgl. 4)] ergibt somit die Veränderung der Schwingungszahl durch das magnetische Feld als ganzzahliges Vielfaches von $\frac{|\mathfrak{H}|}{4\pi c}\frac{P}{M}$. Die Proportionalität zu $\frac{|\mathfrak{H}|}{c}\frac{P}{M}$ war aus dimensionellen Gründen von vornherein zu erwarten; nur zur Ermittelung des Proportionalitätsfaktors war (wie übrigens auch beim gewöhnlichen Zeemaneffekt) die Rechnung erforderlich. Das Verhältnis P/M des elektrischen zum mechanischen Trägheitsmoment ist aber, wenn Ladung und Masse einigermaßen gleichmäßig über den Kugelinhalt verteilt sind, von derselben Größenordnung wie

Digitized by Google

die Gesamtladung zur Gesamtmasse; nur wenn etwa die Ladung ganz außen an der Oberfläche, die Masse dicht beim Mittelpunkt säße, könnte es wesentlich größer sein. Daraus folgt, da wir die Masse hier von der Größenordnung der Atommassen, die Ladung von der Größenordnung eines Elementarquantums anzunehmen haben, daß P/M rund 1000 mal kleiner ist, als das Verhältnis von Ladung zur Masse des Elektrons. Ebensoviel kleiner ist die hier berechnete Linienverschiebung als die bei den Serienlinien bekannte. Nach den Beobachtungen sind aber die Zeemaneffekte bei den Banden von derselben Größenordnung wie bei den Serienlinien. Nun sollen freilich nach SCHWARZSCHILDS Hypothese noch Elektronen die in Drehung befindlichen Massen umkreisen; auch an ihnen muß das Magnetfeld einen Zeemaneffekt ausüben. Der aber müßte sich aus der Rechnung von SOMMERFELD und DEBYE ergeben, also genau so groß wie bei Serienlinien sein, was auch nicht mit der Erfahrung stimmt. Wir sehen also keine Möglichkeit, SCHWARZSCHILDS Hypothese über die Entstehung der Bandenspektren mit den Beobachtungen über den Zeemaneffekt in Zusammenhang zu bringen.

Der Vollständigkeit halber muß hier noch eine Möglichkeit durchgesprochen werden. Man könnte nämlich den Elektronen selbst neben ihrer translatorischen Bewegung noch eine Drehung zuschreiben. Dann ergäbe unsere Rechnung als Einfluß des magnetischen Feldes auf diese Drehung einen Zeemaneffekt von der richtigen Größenordnung, besonders da auch der elektromagnetische Anteil am Trägheitsmoment M des Elektrons von der Größenordnung Masse × Quadrat des Radius ist[1]). Dem widerspricht aber, daß sich nach SCHWARZSCHILD aus dem Koeffizienten b der DESLANDRESschen Formel [vgl. 1)] das Trägheitsmoment M der drehenden Gebilde von der Größenordnung $10^{-40}\,\mathrm{g\,cm^2}$ ergibt, während das Trägheitsmoment des Elektrons jedenfalls viel kleiner ist.

Frankfurt a. M., Institut f. theoretische Physik.

[1]) Nach A. H. BUCHERER, Phys. ZS. **6**, 225, 1905, ist bei reiner Flächenladung der elektromagnetische Anteil am mechanischen Trägheitsmoment $\frac{1}{3} m a^2$, wenn m die Ruhmasse, a den Radius des Elektrons bedeutet.

Digitized by Google

1917. *Heft 15/16.*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel
für reine Physik

Richard Assmann
für kosmische Physik

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn
1917

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 24 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Digitized by Google

Inhalt.

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Seite

Ulfilas Meyer, Zur Theorie der dielektrischen Nachwirkung. (Mitteilung aus dem Telegraphen-Versuchsamt. Vorgetragen in der Sitzung vom 6. Juli 1917) 139

2. Halbmonatl. Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik. I. Allgemeine Physik. S. 203 u. 217. — II. Akustik. S. 205 u. 219. — III. Physikalische Chemie. S. 205 u. 220. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 207 u. 221. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 209 u. 223. — VI. Wärme. S. 210 u. 224. — VII. Kosmische Physik. S. 212 u. 226.

Elektrische Mess-Instrumente

Meßbrücken — Galvanometer — Isolationsprüfer — Kabelmeßapparate — Kondensatoren — Widerstände

Bandbremsen — Hochspannungsanzeiger nach Zipp — Selbstinduktions-Normalien — Kompensatoren

Kurvenindikator mit Registriertrommel

Land- und Seekabelwerke Aktiengesellschaft

Abt. Apparatebau **Cöln-Nippes**

An die Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

1. Wissenschaftliche Mitteilungen, welche in einer Sitzung der Gesellschaft durch ein anwesendes Mitglied vorgelegt werden (§ 21 der Satzungen), erscheinen in der Regel binnen zwei bis drei Wochen in den „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft". Die Vorlage von Mitteilungen in einer Sitzung zu vermitteln, ist der Unterzeichnete jederzeit bereit. Die Mitteilungen sollen in der Regel den Umfang von 8 Druckseiten nicht überschreiten.
2. Anmeldungen von Mitgliedern (§ 13 der Satzungen) können an den Vorsitzenden der Gesellschaft, Herrn Prof. Dr. A. Einstein (Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstr. 13), an den Rechnungsführer, Herrn Prof. Dr. E. Jahnke (Berlin W 15, Darmstädterstr. 9) oder an den Unterzeichneten gerichtet werden.
3. Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt für Berliner Mitglieder 20 Mark, für auswärtige Mitglieder 10 Mark, wofür die „Verhandlungen" der Gesellschaft kostenlos geliefert werden. Für den Bezug der „Berichte" (Verhandlungen und Literaturverzeichnis) an Stelle der „Verhandlungen" allein zahlen die Mitglieder einen Zuschlag zu diesen Beträgen von **8 Mark** jährlich. — Alle Zahlungen werden aus dem Inlande durch Zahlkarte, aus dem Auslande durch Postanweisung unter der Adresse
   Postscheckkonto: Professor Dr. E. Jahnke, Postscheckamt Berlin Nr. 13434
   erbeten.
4. Die auswärtigen Mitglieder, welche die Einladungskarten (Tagesordnungen) für die einzelnen Sitzungen zu erhalten wünschen, haben hierfür eine Gebühr von 1,50 Mark jährlich, ebenfalls auf das obengenannte Postscheckkonto, zu zahlen.

Professor Dr. Karl Scheel, Berlin-Dahlem, Werderstraße 28

Postadresse: Berlin-Lichterfelde 3.

Digitized by Google

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

19. Jahrg. 30. August 1917. Nr. 15/16.

Zur Theorie der dielektrischen Nachwirkung; *von Ulfilas Meyer.*

(Mitteilung aus dem Telegraphen-Versuchsamt.)

(Vorgetragen in der Sitzung vom 6. Juli 1917.)

(Vgl. oben S. 109.)

Um die Erscheinungen der dielektrischen Nachwirkung theoretisch darzustellen, sind im Laufe der Jahre die verschiedensten Versuche gemacht worden. Die wichtigsten derselben sind die Theorien von PELLAT [1]) und von MAXWELL [2]), fast alle späteren Versuche gehen auf eine dieser beiden zurück. Die erstere derselben ist rein phänomenologischer Art, während MAXWELL die betreffenden Erscheinungen ohne weitere Annahme aus Inhomogenitäten in der Struktur der Dielektrika herzuleiten sucht. Im folgenden sei zunächst ein kurzer Rückblick auf die Entwickelung dieser beiden Arten von Theorien gegeben.

PELLAT nimmt an, daß bei den Körpern, die dielektrische Nachwirkung besitzen, die dielektrische Verschiebung $\mathfrak{D}$ nicht einfach proportional der Feldstärke $\mathfrak{E}$ ist, sondern auch noch von der Zeit t abhängt, die seit einer Änderung von $\mathfrak{E}$ verflossen ist. Er setzt

$$\mathfrak{D} = \frac{\varepsilon \mathfrak{E}}{4\pi c^2}\left[1 + k\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)\right],$$

[1]) H. PELLAT, C. R. 128, 1312, 1899; Ann. chim. phys. (7) 18, 150, 1899.

[2]) J. C. MAXWELL, Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus. 1. Art., S. 328 bis 330.

Digitized by Google

wobei ε die Dielektrizitätskonstante ist (es ist hier immer das elektromagnetische Maßsystem benutzt), k ein Proportionalitätsfaktor und T eine Konstante, die wir als Zeitkonstante bezeichnen wollen. Wenn also ein derartiger Körper zur Zeit $t = 0$ in ein elektrisches Feld mit der Feldstärke $\mathfrak{E}$ gebracht wird, so ist die Verschiebung darin zunächst $\frac{\varepsilon}{4\pi c^2}\mathfrak{E}$, nimmt dann zu, und zwar immer langsamer bis zu einem Grenzwert $\frac{\varepsilon}{4\pi c^2}(1+k)\mathfrak{E}$. An einem Kondensator mit der Widerstandskapazität K, an den zur Zeit $t = 0$ eine konstante Spannung $\mathfrak{E}$ angeschaltet wird, tritt demnach außer dem normalen Ladungsstrom und dem von einer etwa vorhandenen Leitfähigkeit herrührenden Isolationsstrom noch ein sogenannter Nachwirkungsstrom auf, von der Größe

$$\mathfrak{J} = \frac{1}{K}\frac{d\mathfrak{E}}{dt} = \frac{1}{K}\frac{\varepsilon}{4\pi c^2}\frac{k}{T}e^{-\frac{t}{T}}\mathfrak{E}.$$

Wird der Kondensator dagegen in ein elektrisches Wechselfeld gebracht, dessen Feldstärke $\mathfrak{E}_0 e^{i\omega t}$ ist ($\omega = 2\pi\nu$ ist die Kreisfrequenz), so gehört zu jeder Änderung der Feldstärke eine kleine sich ändernde Verschiebung. Es ist

$$d\mathfrak{D} = \frac{\varepsilon}{4\pi c^2}\left[1 + k\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)\right]d\mathfrak{E}$$

oder

$$\mathfrak{D} = \frac{\varepsilon}{4\pi c^2}\int_{-\infty}^{t}\left[1 + k\left(1 - c^{-\frac{t-\vartheta}{T}}\right)\right]\mathfrak{E}_0\, i\,\omega\, e^{i\omega\vartheta}\, d\vartheta,$$

das ist

$$\mathfrak{D} = \frac{\varepsilon\mathfrak{E}}{4\pi c^2}\left[1 + k\frac{1 - i\,\omega\,T}{1 + \omega^2 T^2}\right].$$

Ein Stoff mit dielektrischer Nachwirkung zeigt demnach bei Wechselstrom eine Vergrößerung der Kapazität von der Größe

$$\Delta C = C\frac{k}{1 + \omega^2 T^2}$$

und einen Verlustwinkel, der nicht von der Leitfähigkeit herrührt, von der Größe

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{C}{C + \Delta C}\cdot\frac{k\,\omega\,T}{1 + \omega^2 T^2}.$$

Digitized by Google

Da die Folgerungen dieser Theorie die Messungsergebnisse nicht genau darstellten, wenn sie auch den allgemeinen Gang der Erscheinungen richtig wiedergaben, so suchte SCHWEIDLER [1]) die Theorie zu verbessern, indem er annahm, daß die Verschiebung aus mehreren Gliedern der PELLATschen Form zusammengesetzt ist, d. h. er setzt

$$\mathfrak{D} = \frac{\varepsilon \mathfrak{E}}{4\pi c^2}\left[1 + \Sigma k_n \left(1 - e^{-\frac{t}{T_n}}\right)\right],$$

wobei die k_n und T_n voneinander verschiedene Konstanten sind [2]). Mit Hilfe dieser Erweiterung war es möglich, die beobachteten Größen befriedigend darzustellen, dabei war es aber notwendig, eine beträchtliche Zahl von Gliedern anzunehmen. Man hatte daher eine ziemlich große Zahl von beliebig zu wählenden Konstanten zur Verfügung und die Übereinstimmung war also nicht beweisend.

Da gelang es K. W. WAGNER [3]) im Jahre 1913, indem er auf demselben Wege weiterging, die Zahl der Konstanten wieder wesentlich herabzudrücken, die Übereinstimmung mit den Beobachtungen dabei aber noch zu verbessern. WAGNER nahm an, daß alle Werte der Zeitkonstanten T von 0 bis ∞ vorkommen; daß aber ein Wert T_0 der wahrscheinlichste ist, um den sich die anderen in gesetzmäßiger Weise gruppieren. Die Proportionalitätsfaktoren k stellen dann ein Maß für die Wahrscheinlichkeit der zugehörigen T dar. In Anlehnung an die WIECHERTsche Theorie der elastischen Nachwirkung legte WAGNER ein aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung entnommenes Verteilungsgesetz für die Zeitkonstanten den weiteren Untersuchungen zugrunde, so daß sich seine grundlegende Gleichung schließlich in der Form schreiben läßt

$$\mathfrak{D} = \frac{\varepsilon \mathfrak{E}}{4\pi c^2}\left[1 + \psi(0) - \psi(t)\right],$$

---

[1]) E. v. SCHWEIDLER, Ann. d. Phys. (4) **24**, 711, 1907.

[2]) Es sei noch darauf hingewiesen, daß SCHWEIDLER auch eine molekulartheoretische Deutung der Theorie gegeben hat. Nimmt man nämlich an, daß außer den schwingungsfähigen Elektronen, die in der Optik eine große Rolle spielen, und bei denen man zur Darstellung der Absorption eine gewisse Dämpfung annehmen muß, auch noch Elektronen mit so großer Dämpfung vorhanden sind, daß ihre Bewegung aperiodisch verläuft, so gelangt man zu denselben Formeln. Diese Annahme bringt uns im übrigen aber keinen Schritt weiter.

[3]) K. W. WAGNER, Ann. d. Phys. (4) **40**, 817, 1913.

Digitized by Google

wobei

$$\psi(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k\,b}{\sqrt{\pi}}\, e^{-b^2 z^2 - \frac{t}{T_0} e^{-z}}\, dz$$

und $z = \log \text{nat} \frac{T}{T_0}$, so daß also nur drei Konstanten, k, b, T_0, vorhanden sind.

Die Gleichungen für den Nachwirkungsstrom im konstanten Felde und für die Kapazitätserhöhung und den Verlustwinkel im Wechselfelde, die man auf diese Weise ableiten kann, enthalten Integrale, die sich im allgemeinen nicht in geschlossener Form ausdrücken lassen, für verschiedene Werte der Konstanten sind sie jedoch von WAGNER ausgewertet worden, so daß ein Vergleich mit den Beobachtungsresultaten möglich ist. Der Verlauf der Nachwirkungserscheinungen hängt dabei im wesentlichen nur von der Größe b ab, die ein Maß für die Dichte der Verteilung der Zeitkonstanten darstellt. Wir können hier von einer genaueren Wiedergabe der Formeln absehen, es genügt zu sagen, daß es WAGNER gelungen ist, den Verlauf des Rückstandstromes bei verschiedenen Isolierstoffen auf diese Weise sehr gut darzustellen [1]). In einigen Fällen erwies es sich allerdings als notwendig, zwei wahrscheinlichste Zeitkonstanten anzunehmen, d. h. noch ein zweites in ganz entsprechender Weise aufgebautes Glied hinzuzunehmen.

Wenn mehrere derartige Glieder vorhanden sind, so werden für den Rückstandstrom bei großen Zeiten nur die Glieder mit großer Zeitkonstante merklich in Betracht kommen, da die anderen sehr schnell abklingen, der Verlustwinkel für die Frequenz ω hingegen wird hauptsächlich durch die Glieder bestimmt sein, deren Zeitkonstante dem Wert $\frac{1}{\omega}$ der Schwingungsdauer am nächsten liegen, denn das Maximum jedes Gliedes mit der Zeitkonstante T liegt bei der Frequenz $\omega_m = \frac{1}{T}$. Mit einem gewöhnlichen Galvanometer läßt sich nun der Rückstandstrom erst einige Sekunden nach dem Einschalten messen, während die Wechselstrommessungen am besten mit Hilfe eines Telephons ausgeführt werden können, d. h. bei Frequenzen, die höher als

[1]) K. W. WAGNER, Archiv für Elektrotechnik 8, 67, 1914.

Digitized by Google

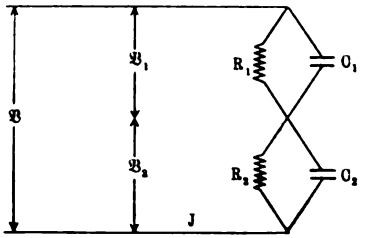
$\omega = 2000$ sind, das entspricht Schwingungsdauern kleiner als 10^{-3}. Es ist demnach klar, daß, wenn bei den Nachwirkungserscheinungen verschiedene Glieder der WAGNERschen Form auftreten, sich bei dem Rückstandstrom wahrscheinlich andere Glieder bemerkbar machen als bei den Wechselstromerscheinungen. Das ist nun auch tatsächlich der Fall. WAGNER[1]) gibt bei der Darstellung des Rückstandstromes für die wahrscheinlichste Zeitkonstante Zahlen von der Größenordnung 10 und 100 Minuten an; ähnliche Werte findet man auch in anderen Fällen, so daß man also sagen kann, die für den Rückstandstrom in Betracht kommenden Glieder haben Zeitkonstanten von der ungefähren Größenordnung 10^3 sec. Bei den Wechselstrommessungen findet man dagegen in manchen Fällen, daß der Verlustwinkel mit steigender Frequenz wächst, d. h. daß das Maximum noch jenseits der höchsten benutzten Frequenz ($\omega = 30000$) liegt; in den anderen Fällen, bei abnehmendem Verlustwinkel mit steigender Frequenz, ist diese Abnahme immer ziemlich stark, so daß man also nicht sehr weit von dem Maximum entfernt sein kann. Im allgemeinen kann man aus der Abhängigkeit von der Frequenz schließen, daß ω_m zwischen 10^3 und 10^5 liegt; die sich bei dem Verlustwinkel hauptsächlich bemerkbar machenden Glieder haben demnach Zeitkonstanten von der Größenordnung 10^{-4} sec. Es ist schon häufig darauf hingewiesen worden, daß man aus der in der Technik gebräuchlichen Messung des Isolationsstromes eine Minute nach Anlegen der Spannung nicht auf die Wechselstromverluste schließen kann. Diese Aussage kann nach dem oben Gesagten dahin erweitert werden, daß auch die Feststellung des zeitlichen Verlaufs des Nachwirkungsstromes nicht zu dem erstrebten Ziele führt, sondern daß nur Wechselstrommessungen selbst, und zwar mit der in Betracht kommenden Frequenz, Aufschluß über die Wechselstromverluste geben. TANK[2]) hat versucht, einen Beweis für die allgemeine Theorie der Nachwirkungserscheinungen zu erbringen, indem er die Übereinstimmung zwischen den direkt gemessenen und den aus dem Rückstandstrom berechneten Wechselstromverlusten nachzuweisen suchte. Mit Hilfe eines HELMHOLTZschen Pendels konnte er den Nach-

[1]) l. c. S. 86.
[2]) F. TANK, Ann. d. Phys. (4) 48, 307, 1914.

Digitized by Google

wirkungsstrom bereits 0,0003 sec nach dem Anlegen der Spannung messen; da die direkte Messung der Verluste mit einem 50periodigem Wechselstrom ($\omega = 314$) ausgeführt wurde, entsprachen diese kleinen Zeiten ungefähr dem Reziproken der Frequenz. Es könnte zunächst scheinen, als ob unter diesen Bedingungen unsere obige Behauptung nicht gilt, und man tatsächlich Übereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Verlusten erhalten müßte. TANK findet in einigen Fällen auch diese Übereinstimmung, in einigen anderen Fällen ist die Abweichung nur gering. In Wahrheit kommen aber, auch wenn man den Rückstandstrom zu so kleinen Zeiten mißt, immer noch die Glieder mit großer Zeitkonstante dabei in Betracht, da sie sich immer über die Glieder mit kleiner Zeitkonstante überlagern, und diese letzteren, die die Wechselstromverluste hauptsächlich hervorrufen, entziehen sich auch jetzt der genauen Feststellung. In Übereinstimmung mit dieser Überlegung steht, daß TANK auch aus seinen Messungen des Nachwirkungsstromes sehr große Zeitkonstanten berechnet.

Fig. 1.



Die von ihm gefundene Übereinstimmung zwischen beobachtetem und berechnetem Wechselstromverlust muß daher als zufällig betrachtet werden. Wahrscheinlich würde sich dies sofort herausgestellt haben, wenn er die Verluste bei mehreren Frequenzen gemessen hätte, da sich dann eine andere Abhängigkeit von der Frequenz ergeben hätte, als wie sie sich aus dem Rückstandstrom berechnet.

Wir gehen nun zu einer Betrachtung der MAXWELLschen Theorie über, und zwar wollen wir zunächst den einfachsten Fall betrachten, daß das Dielektrikum aus zwei Schichten zusammengesetzt ist[1]). Diese beiden Schichten sollen verschiedene Dielektrizitätskonstanten ε_1 und ε_2 und verschiedene Leitfähigkeiten σ_1 und σ_2 besitzen, ihre Dicken seien mit d_1 und d_2 bezeichnet. Wir haben es dann also mit zwei hintereinander geschalteten Kondensatoren von gleichem Querschnitt q zu tun, deren Wider-

[1]) MAXWELL, l. c.

Digitized by Google

standskapazitäten $K_1 = \frac{d_1}{q}$ und $K_2 = \frac{d_2}{q}$ sind. Es gelten daher für die beiden Kapazitäten die Gleichungen

$$C_1 = \frac{\varepsilon_1}{4\pi c^2}, \qquad C_2 = \frac{\varepsilon_2}{4\pi c^2}$$

und für die Widerstände

$$R_1 = \frac{1}{\sigma_1} K, \qquad R_2 = \frac{1}{\sigma_2} K_2.$$

Die Teilspannungen $\mathfrak{V}_1$ und $\mathfrak{V}_2$ sind dann bestimmt durch

$$\frac{1}{R_1}\mathfrak{V}_1 + C_1\frac{d\mathfrak{V}_1}{dt} = J, \quad \frac{1}{R_2}\mathfrak{V}_2 + C_2\frac{d\mathfrak{V}_2}{dt} = J$$

oder

$$\mathfrak{V}_1 = \frac{1}{C_1} e^{-\frac{t}{\tau_1}} \int_{-\infty}^{t} e^{\frac{t}{\tau_1}} J\,dt, \qquad \mathfrak{V}_2 = \frac{1}{C_2} e^{-\frac{t}{\tau_2}} \int_{-\infty}^{t} e^{\frac{t}{\tau_2}} J\,dt,$$

wobei τ_1 und τ_2 die Relaxationszeiten sind $\left(R\,C = \tau = \frac{\varepsilon}{4\pi c^2 \sigma}\right)$. Da $\mathfrak{V}_1 + \mathfrak{V}_2 = \mathfrak{V}$ ist, erhält man daraus die Differentialgleichung:

$$\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)\frac{dJ}{dt} + \left(\frac{1}{\tau_1 C_2} + \frac{1}{\tau_2 C_1}\right) J = \frac{d_2\mathfrak{V}}{dt^2} + \left(\frac{1}{\tau_1} + \frac{1}{\tau_2}\right)\frac{d\mathfrak{V}}{dt} + \frac{1}{\tau_1 \tau_2}\mathfrak{V},$$

deren allgemeines Integral ist:

$$J = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}\left[\frac{d\mathfrak{V}}{dt} + \frac{R_1 C_1^2 + R_2 C_2^2}{R_1 R_2 C_1 C_2 (C_1 + C_2)}\mathfrak{V} + \frac{(R_1 C_1 - R_2 C_2)^2}{R_1^2 R_2^2 (C_1 + C_2)^2 C_1 C_2} e^{-\frac{t}{T}} \int_{-\infty}^{t} e^{\frac{t}{T}} \mathfrak{V}\,dt\right],$$

wobei

$$T = \frac{R_1 R_2 (C_1 + C_2)}{R_1 + R_2} = \frac{1}{4\pi c^2}\,\frac{\varepsilon_1 d_2 + \varepsilon_2 d_1}{\sigma_1 d_2 + \sigma_2 d_1}.$$

Bezeichnen wir die Gesamtkapazität des Kondensators mit C, seinen Gesamtwiderstand mit R, also $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$, $R = R_1 + R_2$, und setzen zur Abkürzung

$$\frac{(R_1 C_1 - R_2 C_2)^2}{C_1 C_2 (R_1 + R_2)^2} = \frac{d_1 d_2 (\varepsilon_1 \sigma_2 - \varepsilon_2 \sigma_1)^2}{\varepsilon_1 \varepsilon_2 (\sigma_1 d_2 + \sigma_2 d_1)^2} = k,$$

so können wir nach einigen Umformungen auch schreiben:

$$J = C\frac{d\mathfrak{V}}{dt} + \frac{1}{R}\mathfrak{V} + \frac{k\,C}{T} e^{-\frac{t}{T}} \int_{-\infty}^{t} e^{\frac{t}{T}} \frac{d\mathfrak{V}}{dt}\,dt.$$

Digitized by Google

Wir betrachten nun zunächst den Fall, daß an dieses System zur Zeit $t = 0$ eine Gleichspannung E angelegt wird, also:

$$\mathfrak{V} = 0 \text{ für } t < 0, \quad \mathfrak{V} = E \text{ für } t > 0 \int_{-0}^{+0} \frac{d\mathfrak{V}}{dt} dt = E,$$

dann erhalten wir für den Nachwirkungsstrom

$$J = E\left[\frac{1}{R} + \frac{kC}{T} e^{-\frac{t}{T}}\right].$$

Bei einer Wechselspannung $\mathfrak{V} = \mathfrak{V}_0 e^{i\omega t}$ ergibt sich dagegen

$$J = \mathfrak{V}\left[i\omega C + \frac{1}{R} + \frac{i\omega kC}{1 + i\omega T}\right].$$

Neben dem gewöhnlichen Isolationsstrom tritt also ein Nachwirkungsstrom von der Größe $\frac{kC}{T} e^{-\frac{t}{T}} E$ auf. Die Kapazität erfährt eine Vergrößerung vom Betrage $\frac{kC}{1 + \omega^2 T^2}$ und der nicht von der Leitfähigkeit herrührende Verlustwinkel wird gleich

$$\frac{C}{C + \triangle C} \cdot \frac{k\omega T}{1 + \omega^2 T^2}.$$

Das sind aber genau dieselben Formeln, wie sie die Pellatsche Theorie liefert, nur mit dem Vorteil, daß die Konstanten eine gewisse Deutung erfahren. Es sei bemerkt, daß wir dasselbe Resultat erhalten, wenn wir annehmen, daß die beiden dielektrischen Stoffe, aus denen der Kondensator besteht, in beliebig vielen Schichten wiederkehren, da die Teilspannungen für eine Stoffart bis auf die entsprechenden Dicken denselben Wert haben und sich daher zusammenfassen lassen.

Für die Maxwellsche Annahme spricht der Umstand, daß die Nachwirkungserscheinungen am stärksten bei solchen dielektrischen Stoffen auftreten, die aus einem Gemenge verschiedener Stoffe bestehen, während sie mit zunehmender Reinheit des Isolationsmaterials immer mehr verschwinden, ferner daß bei flüssigen Stoffen, bei denen ja eine vollkommene Mischung der Grundsubstanzen eintritt, keine Nachwirkung vorhanden ist. Auch der Einfluß der Temperatur auf die Nachwirkungserscheinungen stimmt in einem wesentlichen Punkte mit den Folgerungen aus dieser Theorie überein. Wie nämlich Wagner gezeigt hat, läßt sich dieser Einfluß in seinen wichtigsten Zügen durch die

Digitized by Google

Annahme darstellen, daß mit zunehmender Temperatur die Zeitkonstante abnimmt. Bei den Isolatoren wächst nun die Leitfähigkeit σ mit steigender Temperatur und daher würde T in der Tat nach obiger Formel kleiner werden.

Allerdings ist, wie schon oben gesagt, die PELLATsche Theorie zur Darstellung der beobachteten Nachwirkungserscheinungen nicht ausreichend, und demgemäß müßte auch das eben dargelegte einfache MAXWELLsche Modell eine Erweiterung im Sinne der SCHWEIDLER-WAGNERschen Annahmen erfahren. Es ist ja auch ohne weiteres klar, daß dieses Modell die Tatsachen nicht richtig wiedergeben kann; denn wenn ein Material aus einer Mischung mehrerer Grundsubstanzen besteht, so darf man sich dies natürlich nicht so vorstellen, als ob diese Substanzen in Schichten konstanter Dicke auftreten, sondern die Substanzen werden in ganz beliebiger Weise durcheinander liegen, d. h. die Schichtdicke wird von Ort zu Ort wechseln. Aus der Formel für die Zeitkonstante ergibt sich nun tatsächlich, daß dieselbe mit variabler Schichtdicke selbst variabel ist. Eine gewisse Dicke, die durch das Mengenverhältnis der Grundsubstanzen bestimmt ist, wird dabei am häufigsten auftreten, und daher werden auch die Zeitkonstanten ganz im Sinne WAGNERS um einen wahrscheinlichsten Wert gruppiert sein. Aus der Formel für T ergibt sich daneben noch eine zweite Möglichkeit, um eine derartige Verteilung der Zeitkonstanten um einen mittleren Wert zu erhalten. T hängt nämlich auch noch von der Größe ε und σ ab, und wenn man daher annimmt, daß die beiden Stoffe nicht durch eine scharfe Grenze voneinander getrennt sind, sondern stetig ineinander übergehen (eine Annahme, die gleichfalls große Wahrscheinlichkeit für sich hat), so läßt sich schließen, daß auch dann die Zeitkonstanten stetig veränderlich sind, und daß der wahrscheinlichste Wert durch die Größe von σ und ε der reinen Grundsubstanzen mit Hilfe der obigen Formel für T bestimmt ist. Bei dem Versuch, mit Hilfe dieser beiden Annahmen, variable Dicke und stetiger Übergang von einer Substanz zur anderen, besser mit der Erfahrung übereinstimmende Formeln abzuleiten, stößt man leider auf große mathematische Schwierigkeiten. WAGNER hat daher versucht[1]), auf anderem Wege eine An-

[1]) K. W. WAGNER, Arch. f. Elektrotechnik 2, 371, 1914.

Digitized by Google

näherung an die tatsächlichen Verhältnisse zu erzielen. In seinem Modell sind in das eine, vollkommen isolierende Medium kleine Kügelchen von verschiedener Leitfähigkeit eingebettet, und zwar ist die Leitfähigkeit der einzelnen Kügelchen um einen wahrscheinlichsten Wert gruppiert. Auf diese Weise gelangt WAGNER zu genau denselben Formeln wie bei seiner oben erwähnten Theorie. Die Annahme einer veränderlichen Leitfähigkeit ist jedoch etwas kompliziert, und wir wollen daher bei unserem einfacheren Modell bleiben, bei welchem die Beziehungen zu den Materialkonstanten der reinen Substanzen besonders klar hervortreten, und uns mit der Tatsache begnügen, daß eine bessere Anpassung dieses Modelles im Sinne der eben gemachten Darlegungen möglich ist. Unsere Annahmen würden vielleicht zu etwas anderen Verteilungsgesetzen der Zeitkonstanten und daher auch etwas abweichenden Formeln führen, das ist aber nicht wesentlich. Die Hauptsache bei der WAGNERschen Theorie ist die Annahme der stetigen Veränderlichkeit der Zeitkonstanten und ihrer Gruppierung um einen wahrscheinlichsten Wert, während die Frage nach dem gültigen Verteilungsgesetz wohl noch nicht als durch die Beobachtungen entschieden angesehen werden kann, da man mit etwas anderen Annahmen ganz ähnliche Kurven für den Nachwirkungsstrom erhalten kann. Man stößt übrigens bei allen diesen Annahmen, auch bei der WAGNERschen, auf die Schwierigkeit, daß man, um zu geeigneten Kurven zu gelangen, eine sehr lockere Gruppierung der Zeitkonstanten um den wahrscheinlichsten Wert annehmen muß, d. h. ein flaches Maximum in der Verteilungskurve, daß aber andererseits die Wahrscheinlichkeitsgesetze, die man bei der Ableitung verwendet, nur Annäherungsgesetze sind, die um so strenger gelten, je schärfer ausgeprägt das Maximum ist. Für eine strenge mathematische Behandlung des Verteilungsgesetzes fehlt also eigentlich jede Grundlage.

Wir wollen nun zu einer weiteren Prüfung der MAXWELLschen Theorie übergehen, indem wir untersuchen, ob die beobachteten Nachwirkungserscheinungen mit den wahrscheinlichen Werten der Materialkonstanten der reinen Substanzen auf Grund der MAXWELLschen Formeln vereinbar sind. Dabei haben wir im Sinne der obigen Darlegungen das aus dem einfachen Modell berechnete T als die wahrscheinlichste Zeitkonstante der er-

Digitized by Google

weiterten Theorie zu betrachten. Zunächst wollen wir aber unser Modell etwas erweitern. Wie oben gezeigt worden ist, kommen für die Gleichstrom- und die Wechselstromerscheinungen verschiedene Glieder der WAGNERschen Form in Betracht. Wir müssen daher annehmen, daß mehr als zwei Grundsubstanzen in dem Isoliermaterial vorhanden sind. Wir nehmen daher jetzt drei in Schichten angeordnete Stoffe an, für diese Zahl läßt sich die Rechnung noch durchführen. In ganz entsprechender Weise wie oben für zwei Schichten erhalten wir jetzt die Differentialgleichung:

$$\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}\right)\ddot{J}+\left[\frac{1}{C_1}\left(\frac{1}{\tau_2}+\frac{1}{\tau_3}\right)+\frac{1}{C_2}\left(\frac{1}{\tau_1}+\frac{1}{\tau_3}\right)+\frac{1}{C_3}\left(\frac{1}{\tau_1}+\frac{1}{\tau_2}\right)\right]\dot{J}$$
$$+\left(\frac{1}{C_1\tau_2\tau_3}+\frac{1}{C_2\tau_1\tau_3}+\frac{1}{C_3\tau_1\tau_2}\right)J$$
$$=\ddot{\mathfrak{V}}+\left(\frac{1}{\tau_1}+\frac{1}{\tau_2}+\frac{1}{\tau_3}\right)\dot{\mathfrak{V}}+\left(\frac{1}{\tau_1\tau_2}+\frac{1}{\tau_1\tau_3}+\frac{1}{\tau_2\tau_3}\right)\mathfrak{V}+\frac{1}{\tau_1\tau_2\tau_3}\mathfrak{V}.$$

Das allgemeine Integral läßt sich in der Form schreiben:

$$J=C\frac{d\mathfrak{V}}{dt}+\frac{1}{R}\mathfrak{V}+\frac{k_1C}{T_1}e^{-\frac{t}{T_1}}\int_{-\infty}^{t}e^{\frac{t}{T_1}}\frac{d\mathfrak{V}}{dt}dt+\frac{k_2C}{T_2}e^{-\frac{t}{T_2}}\int_{-\infty}^{t}e^{\frac{t}{T_2}}\frac{d\mathfrak{V}}{dt}dt,$$

wobei

$$C=\frac{C_1C_2C_3}{C_1C_2+C_2C_3+C_1C_3}\qquad R=R_1+R_2+R_3,$$

$$k_1=\frac{T_1^2T_2}{T_1-T_2}\left(\frac{1}{T_1^2}-\frac{1}{T_1}\sum\frac{1}{\tau_1}+\sum\frac{1}{\tau_1\tau_2}-\frac{T_1}{\tau_1\tau_2\tau_3}\right),$$

$$k_2=-\frac{T_1T_2^2}{T_1-T_2}\left(\frac{1}{T_2^2}-\frac{1}{T_2}\sum\frac{1}{\tau_1}+\sum\frac{1}{\tau_1\tau_2}-\frac{T_2}{\tau_1\tau_2\tau_3}\right),$$

$$T_1=\frac{\sum\frac{1}{C_1}\left(\frac{1}{\tau_2}+\frac{1}{\tau_3}\right)+\sqrt{\left[\sum\frac{1}{C_1}\left(\frac{1}{\tau_2}+\frac{1}{\tau_3}\right)\right]^2-4\sum\frac{1}{C_1}\sum\frac{1}{C_1\tau_2\tau_3}}}{2\sum\frac{1}{C_1\tau_2\tau_3}},$$

$$T_2=\frac{\sum\frac{1}{C_1}\left(\frac{1}{\tau_2}+\frac{1}{\tau_3}\right)-\sqrt{\left[\sum\frac{1}{C_1}\left(\frac{1}{\tau_2}+\frac{1}{\tau_3}\right)\right]^2-4\sum\frac{1}{C_1}\sum\frac{1}{C_1\tau_2\tau_3}}}{2\sum\frac{1}{C_1\tau_2\tau_3}}.$$

Die Summen sind dabei über die drei durch zyklische Vertauschung der Indizes hervorgehenden Glieder zu erstrecken.

Digitized by Google

Wir haben auf diese Weise jetzt, wie beabsichtigt, zwei verschiedene Nachwirkungsglieder erhalten; nach den obigen Bemerkungen müssen deren Zeitkonstanten von verschiedener Größenordnung sein, das ist nur möglich, wenn eine der Leitfähigkeiten groß gegen die beiden anderen ist. Da es auf die Reihenfolge nicht ankommt, wollen wir annehmen, es sei $\tau_1 > \tau_2 \gg \tau_3$. Außerdem darf dann C_3 nicht klein gegen C_1 und C_2 werden. Mit Hilfe dieser Annahmen lassen sich die obigen Formeln sehr vereinfachen. Wir setzen zugleich die Werte für τ und C ein, indem wir die Dicken der einzelnen Schichten mit d_1, d_2, d_3 bezeichnen, dann erhalten wir:

$$T_1 = \frac{1}{4\pi c^2}\,\frac{\varepsilon_1 d_2 + \varepsilon_2 d_1}{\sigma_1 d_2 + \sigma_2 d_2}, \qquad T_2 = \frac{1}{4\pi c^2}\,\frac{\varepsilon_1\varepsilon_2 d_3 + \varepsilon_1\varepsilon_3 d_2 + \varepsilon_2\varepsilon_3 d_1}{\sigma_3(\varepsilon_1 d_2 + \varepsilon_2 d_1)}.$$

$$\frac{k_1 C}{T_1} = q\,\frac{d_1 d_2(\sigma_1\varepsilon_2 - \sigma_2\varepsilon_1)^2}{(\varepsilon_1 d_2 + \varepsilon_2 d_1)^2(\sigma_1 d_2 + \sigma_2 d_1)},$$

$$\frac{k_2 C}{T_2} = q\,\frac{\varepsilon_1^2\varepsilon_2^2\sigma_3 d_3}{(\varepsilon_1\varepsilon_2 d_3 + \varepsilon_1\varepsilon_3 d_2 + \varepsilon_2\varepsilon_3 d_1)^2}.$$

Neben dem gewöhnlichen Isolationsstrom tritt also jetzt ein Nachwirkungsstrom von der Größe $\frac{k_1 C}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{k_2 C}{T_2} e^{-\frac{t}{T_2}}$ auf, dabei ist aber für größere Zeiten ($t \gg T_2$) das zweite Glied gegen das erste zu vernachlässigen. Für die Vergrößerung der Kapazität und für den Verlustwinkel ergeben sich die Formeln

$$\Delta C = \frac{k_1 C}{1 + \omega^2 T_1^2} + \frac{k_2 C}{1 + \omega^2 T_2^2}$$

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{C}{C + \Delta C}\left(\frac{k_1 \omega T_1}{1 + \omega^2 T_1^2} + \frac{k_2 \omega T_2}{1 + \omega^2 T_2^2}\right),$$

in denen bei größerer Frequenz $\left(\omega \gg \frac{1}{T_1}\right)$ nur das zweite Glied in Betracht kommt. Zwischen den unter gewöhnlichen Verhältnissen beobachteten Gleichstrom- und Wechselstromeigenschaften besteht also tatsächlich keinerlei Zusammenhang.

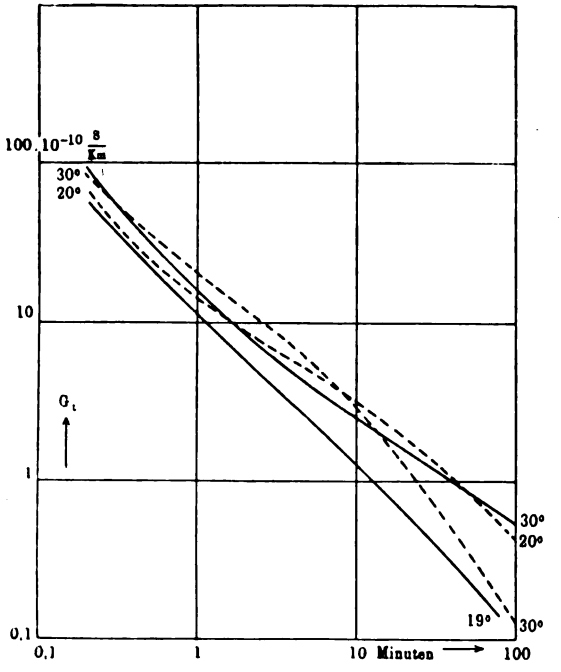
Nach der obigen Formel liegt der Wert von T_1 zwischen den Werten der Relaxationszeiten $\tau_1 = \frac{1}{4\pi c^2}\frac{\varepsilon_1}{\sigma_1}$ und $\tau_2 = \frac{1}{4\pi c^2}\frac{\varepsilon_2}{\sigma_2}$. Da die Dielektrizitätskonstanten wenig von 1 abweichen, muß also, wenn T_1 von der Größenordnung 10^3 ist, die Größenordnung

Digitized by Google

von σ_1 gleich oder kleiner, die von σ_2 gleich oder größer als $10^{-16} \frac{1}{\text{Ohm} \cdot \text{cm}}$ sein. Das ist eine Zahl, wie sie bei guten Isolatoren gefunden worden ist.

Da die Werte von $\frac{k_1 C}{T_1}$, die man aus den Beobachtungen entnimmt, zu ihrer Darstellung die Annahme etwas größerer Werte von σ_2 notwendig machen, müssen wir daher folgern, daß

Fig. 2.

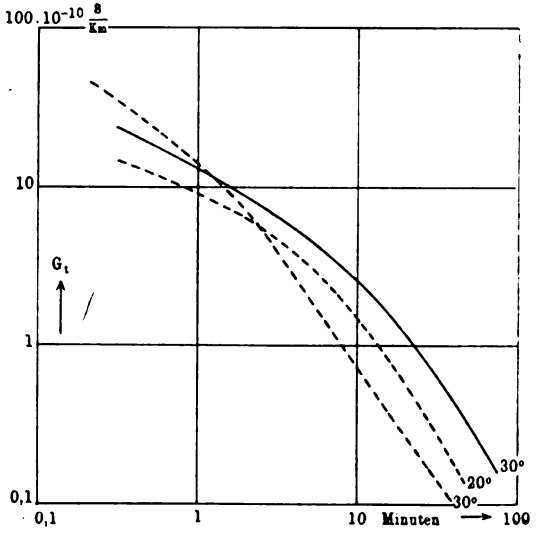


die erste Schicht aus einem sehr guten Isolator besteht, während die zweite Schicht eine größere Leitfähigkeit besitzt. Um auch über die Leitfähigkeit der dritten Schicht einen Anhalt zu gewinnen, müssen wir die Wechselstrombeobachtungen zu Hilfe nehmen. Nach der obigen Formel weicht T_2 nicht sehr von σ_3 ab, wenn also T_2, wie wir gefunden haben, von der Größenordnung 10^{-4} ist, so muß σ_3 von der Größenordnung $10^{-9} \frac{1}{\text{Ohm} \cdot \text{cm}}$ sein; das ist schon

Digitized by Google

ein recht beträchtlicher Wert. Fast alle Substanzen, welche dielektrische Nachwirkung besitzen, sind nun mehr oder weniger hygroskopisch. Ich konnte z. B. auch an reinem Paragummi und an Hartgummi eine sehr beträchtliche Zunahme des Verlustwinkels feststellen, wenn die erst getrockneten Platten längere Zeit dem Einfluß feuchter Luft ausgesetzt waren. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß die dritte Schicht in vielen Fällen Wasser ist, da dieses eine hohe Dielektrizitätskonstante besitzt, müßte ja auch die Leitfähigkeit noch größer als oben berechnet

Fig. 3.



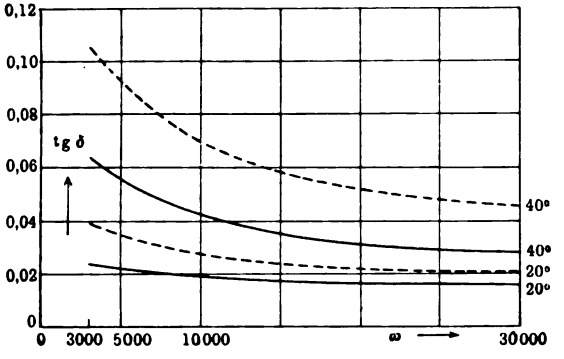
sein, so daß die gefundene Zahl gut mit dieser Annahme vereinbar ist. Es läßt sich dann mit Hilfe der obigen Formeln auch der Einfluß abschätzen, den eine zunehmende Feuchtigkeit auf die Nachwirkungseigenschaften haben müßte, wenn unsere Vermutung, daß die dritte Schicht Wasser ist, richtig ist. In den Formeln für T_1 und $\frac{k_1 C}{T_1}$ kommt die Dicke der dritten Schicht d_3 gar nicht vor, es müßte also der Nachwirkungsstrom sowohl seiner Größe wie seinem Verlaufe nach nicht oder, da unsere Theorie nur eine rohe Annäherung darstellt, nur sehr wenig von einer Feuchtigkeitsaufnahme des Materials beeinflußt werden. Auch T_2

Digitized by Google

ändert sich bei einer Zunahme von d_3 nur wenig, dagegen ist k_2 proportional d_3. Der Verlustwinkel und die scheinbare Kapazitätserhöhung müßten daher mit zunehmender Feuchtigkeit stark ansteigen, während ihre Abhängigkeit von der Frequenz sich dabei nur wenig ändert.

Mit diesen Folgerungen stimmen nun die Beobachtungen tatsächlich in vielen Fällen überein. Besonders bemerkenswert ist dabei die geringe Abhängigkeit des Nachwirkungsstromes von der Feuchtigkeit, für die in den Fig. 2 und 3 Beispiele gegeben sind. Beide Materialien sind künstliche Isolierstoffe; die ausgezogenen Linien sind an getrockneten Platten gemessen, und die punktierten beziehen sich auf Platten, die vier Wochen in Luft von 50 Proz. Feuchtigkeit gelegen hatten. Die Feuchtigkeitsaufnahme war

Fig. 4.



dabei ungefähr 1 Proz. des Plattengewichtes. Fig. 4 zeigt für dasselbe Material wie Fig. 3, daß der Verlustwinkel bei höherer Feuchtigkeit beträchtlich größer ist. In manchen Fällen wurde allerdings auch der Nachwirkungsstrom bei höherer Feuchtigkeit beträchtlich größer gefunden, aber unsere Theorie ist ja auch nur eine ziemlich grobe Annäherung. Im allgemeinen kann man aus den Versuchsergebnissen doch schließen, daß der Einfluß zunehmender Feuchtigkeit in Übereinstimmung mit den Folgerungen der MAXWELLschen Grundannahme steht, nach welcher die dielektrischen Nachwirkungserscheinungen von Inhomogenitäten in der Struktur der Isolierstoffe herrühren.

Digitized by Google

Wenn es also auch vorläufig nicht möglich ist, den Verlauf der Nachwirkungserscheinungen mit Hilfe der MAXWELLschen Grundannahme richtig darzustellen, so ist es uns doch möglich gewesen, unter Zugrundelegung eines einfachen Modells aus der Größe der beobachteten Erscheinungen die Materialkonstanten der reinen Substanzen abzuschätzen und nachzuweisen, daß sie mit den aus direkten Messungen bekannten Werten in Übereinstimmung stehen. Damit ist eine weitere Stütze für die MAXWELLsche Theorie gewonnen, und die Ursache der Nachwirkungserscheinungen kann als aufgeklärt betrachtet werden.

Digitized by Google

1917. Heft 17/18.

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

☛ *Die Verbreitung dieses Heftes ist zunächst nur in Deutschland und Österreich-Ungarn zulässig. Für Ihre sonstigen Abonnenten bitten wir Heft 17/18 zurückzulegen, bis die Ausfuhr erlaubt ist.*

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn
1917

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 24 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Digitized by Google

Inhalt.

Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Seite

F. Dessauer, Über einen neuen Hochspannungstransformator und seine Anwendung zur Erzeugung durchdringungsfähiger Röntgenstrahlen. (Eingegangen am 10. Juli 1917) 155

Elektrische Mess-Instrumente

Meßbrücken — Galvanometer — Isolationsprüfer — Kabelmeßapparate — Kondensatoren — Widerstände Bandbremsen — Hochspannungsanzeiger nach Zipp — Selbstinduktions-Normalien — Kompensatoren

Kurvenindikator mit Registriertrommel

Land- und Seekabelwerke Aktiengesellschaft

Abt. Apparatebau Cöln-Nippes

An die Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

1. Wissenschaftliche Mitteilungen, welche in einer Sitzung der Gesellschaft durch ein anwesendes Mitglied vorgelegt werden (§ 21 der Satzungen), erscheinen in der Regel binnen zwei bis drei Wochen in den „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft". Die Vorlage von Mitteilungen in einer Sitzung zu vermitteln, ist der Unterzeichnete jederzeit bereit. Die Mitteilungen sollen in der Regel den Umfang von 8 Druckseiten nicht überschreiten.
2. Anmeldungen von Mitgliedern (§ 13 der Satzungen) können an den Vorsitzenden der Gesellschaft, Herrn Prof. Dr. A. Einstein (Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstr. 13), an den Rechnungsführer, Herrn Prof. Dr. E. Jahnke (Berlin W 15, Darmstädterstr. 9) oder an den Unterzeichneten gerichtet werden.
3. Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt für Berliner Mitglieder 20 Mark, für auswärtige Mitglieder 10 Mark, wofür die „Verhandlungen" der Gesellschaft kostenlos geliefert werden. Für den Bezug der „Berichte" (Verhandlungen und Literaturverzeichnis) an Stelle der „Verhandlungen" allein zahlen die Mitglieder einen Zuschlag zu diesen Beträgen von 8 Mark jährlich. — Alle Zahlungen werden aus dem Inlande durch Zahlkarte, aus dem Auslande durch Postanweisung unter der Adresse
   Postscheckkonto: Professor Dr. E. Jahnke, Postscheckamt Berlin Nr. 13434
   erbeten.
4. Die auswärtigen Mitglieder, welche die Einladungskarten (Tagesordnungen) für die einzelnen Sitzungen zu erhalten wünschen, haben hierfür eine Gebühr von 1,50 Mark jährlich, ebenfalls auf das obengenannte Postscheckkonto, zu zahlen.

Professor Dr. Karl Scheel, Berlin-Dahlem, Werderstraße 28
Postadresse: Berlin-Lichterfelde 3.

Digitized by Google

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

19. Jahrg. 30. September 1917. Nr. 17/18.

Über einen neuen Hochspannungstransformator und seine Anwendung zur Erzeugung durchdringungsfähiger Röntgenstrahlen;

von F. Dessauer.

(Eingegangen am 10. Juli 1917.)

I. Teil.

Ein neuer Hochspannungstransformator.

Vorbemerkung.
1. Betriebsverhältnisse der Röntgentransformatoren.
2. Neues Transformatorensystem für hohe Spannung.
3. Glimm- und dielektrische Verlustströme beim gewöhnlichen und neuen Transformator (Leerlaufversuche). — Schaltungen und Meßinstrumente. — Wattmessung im Primärkreise. — Wattmessungen im Sekundärkreise. — a) Wirkung der neuen Schaltung auf den Glimmverlust. — b) Leerlaufströme im Sekundärkreise eines Transformatorsystems.
4. Ermittelung der sekundären Leerlaufverluste bei Glimmerscheinungen und bei deren Unterdrückung. — Experimentelle Ermittelung. — Kontrollversuche.
5. Methode zur Untersuchung von Hochspannungstransformatoren auf durchbruchgefährdete Stellen.

Vorbemerkung.

Zwei Absichten waren für die Durchführuug des ersten Teiles der vorliegenden Arbeit maßgebend. Einmal der Versuch, das Röntgenstrahlenspektrum nach der Seite der kurzwelligen Strahlen

Digitized by Google

zu erweitern, möglichst nahe an die k-Strahlung des Radiums B und Radiums C zu kommen und zu diesem Zwecke vorerst die notwendigen, sehr hohen Gleichstromspannungen von 300 kV und darüber zu erzielen. Ferner aber die Notwendigkeit, insbesondere für die Röntgentechnik, einen durchschlagsicheren Hochspannungstransformator auf neuer Grundlage zu bauen.

Deshalb ist im einleitenden Abschnitt an Hand der Erfahrung dargetan, daß nach dem jetzigen System des Baues der Röntgentransformatoren bei den gestellten Anforderungen an Spannungserzeugung, Platz, Gewicht und Aufwand ein dauernd sicheres Funktionieren nicht möglich sei.

Im zweiten Kapitel ist darum ein neues Transformatorensystem für hohe Spannungen beschrieben, das, meines Wissens zum erstenmal, die Beanspruchung durch die in ihm erzeugte Hochspannung zu einem beliebigen steuerbaren Teile dem Transformator abnimmt und auf ein gesondertes, arbeitübertragendes Organ verweist, das an der Spannungserhöhung, der eigentlichen Aufgabe des Transformators, nicht beizutragen braucht. Dieses neue Transformatorensystem wird in den folgenden Abschnitten vergleichsweise mit dem bisherigen auf Glimmströme und Verluste im Sekundärkreise untersucht und quantitativ festgestellt, daß der beim gewöhnlichen Transformator zur Zerstörung hinreichende Wattverbrauch des unvollkommenen Durchbruches sehr klein wird, wenn der Transformator durch Umschalten in das neue System übergeführt wird. Dabei ergab sich als Nebenresultat eine einfache Methode zur Prüfung von Hochspannungstransformatoren auf durchschlagsgefährdete Stellen.

Ein großer Teil der Arbeit beschäftigt sich zur Prüfung des neuen Transformatorensystems mit einer quantitativen Untersuchung der Leerlaufsverluste im sekundären Kreise bei der Erscheinung des unvollkommenen Durchbruches und bei der Vermeidung dieser Erscheinung mit dem neuen System. Diese quantitative Untersuchung begegnet einer Reihe von Schwierigkeiten, die das Studium dieses Teiles der Abhandlung erschweren. Deswegen sei der Gedankengang dieser Untersuchung zur vorbereitenden Orientierung im nachfolgenden kurz zusammengefaßt.

Zuerst wurde der Versuch gemacht, durch Messung überhaupt einen hinreichenden Nachweis über die Wirkung der neuen Methode

Digitized by Google

zu bringen (Abschnitt 3a). Zu dem Zwecke wurde die Sekundärspule in der Mitte angezapft, um den Leerlaufstrom zu entnehmen, und eine Hilfswickelung am mittleren Induktor angebracht, um eine der Magnetisierung proportionale Spannung zu benutzen. Diese Hilfsspannung und der Leerlaufstrom wirkten auf ein als Wattmeter benutztes Dynamometer. Das Charakteristische des neuen Systems ist das Hinzufügen von Organen, die einen Teil der Durchbruchsbeanspruchung aufnehmen sollen. Vergleicht man die Anordnung in einer Schaltung als gewöhnlichen Transformator und in der neuen Schaltung, bei welcher diese Organe mitwirken, so kann man aus den Wattzahlen noch keine endgültigen Schlüsse ziehen, vielmehr muß man vorher die Veränderungen in der Leerlaufsarbeit isolieren, welche die neuen ölisolierten Hilfsorgane mit sich bringen. Das gelingt durch Aufnahme des Wattverbrauchs in Abhängigkeit von der primären Spannung bei verschiedenen Schaltungen und in der Gegenüberstellung der dabei erhaltenen Werte.

Damit ist aber die Hauptfrage noch nicht gelöst. Nämlich der tatsächliche Leerlaufsverlust — und zwar Strom und Leistung — beim gewöhnlichen Transformator und bei dem neuen Verfahren ist nicht bestimmt, denn die bisher gemessenen Leistungen kommen ja unter einer Hilfsspannung zustande. Bei den Glimmverlusten liegen die Leistungsverhältnisse besonders kompliziert, weil die einzelnen Glimmfäden unter ganz verschiedenen Spannungen zustande kommen und auch in ihrer Intensität verschieden sind, und weil davon die dielektrischen Verluste sowohl beim gewöhnlichen Transformator wie beim neuen Transformator mit seinen Hilfsorganen zu trennen sind. Um dieses Problem zu lösen, mußte zuerst der tatsächliche Leerlaufstrom im Sekundärkreise beim alten und beim neuen Transformator gemessen werden (Abschnitt 3b). Es ergibt sich dabei ein gesamter Leerlaufstrom, von dem nur ein Teil in die Leistung eingeht, der nämlich, welcher mit der Spannung phasengleich ist. Der Gesamtstrom und der Werkstrom — letzterer durch Messen einer konstanten Hilfsspannung aus einer Leistungsmessung errechnet — wurde getrennt bestimmt, und zwar wiederum unter verschiedenen Schaltungen, um so auf die verschiedenen Organe des Transformatorensystems entfallenden Anteile zu trennen.

Nun blieb (Abschnitt 4) noch übrig, aus den bekannten Leerlauf-Werkströmen, den Leerlauf-Gesamtströmen, den Phasen-

Digitized by Google

verschiebungswinkeln und den Sekundärspannungen rechnerisch die Verluste beim Glimmen und beim neuen System zu ermitteln. Es ergab sich für die Leistungsberechnung des Glimmstromes, der aus unendlich vielen Komponenten von verschiedener Spannung und Stromstärken besteht, eine einfache graphische Methode für die Berechnung der dielektrischen Verluste, beim neuen System ein einfacher rechnerischer Weg. Nunmehr konnten die reinen Glimmverluste und ihre Abhängigkeit von der Spannung hinreichend genau bestimmt werden und den dielektrischen Verlusten des neuen nicht überbeanspruchten Transformators gegenübergestellt werden. Mit einer einfachen Kontrollmethode wurden dann die Ergebnisse bestätigt.

1. Betriebsverhältnisse der Röntgentransformatoren.

Die nachstehende Kurve 1 zeigt, wie in der Starkstromtechnik das Gewicht und der Preis von Spannungswandlern bei steigender Spannung anwachsen. Diese Vermehrungen, ebenso die des Volums, vollziehen sich mit der notwendigen Isolation sehr rasch, wenn die Betriebssicherheit des Transformators nicht gefährdet werden soll.

In der Technik der Röntgenapparate sind Gewicht und Raum begrenzt durch die gegebenen Verhältnisse des ärztlichen Betriebes. Ein hier verwendeter Röntgentransformator für 100000 Volt effektiv wiegt etwa 125 kg und nimmt etwa $^1/_2$ m^3 Platz weg, ohne daß die Möglichkeit besteht, Gewicht und Maß nennenswert zu steigern. Deshalb müssen in der Röntgentechnik die Probleme der Hochspannungsisolation sich sehr aktuell zeigen und ihre Lösung besonderen Schwierigkeiten begegnen.

Die Lage ist noch erträglich gewesen, so lange der Röntgenapparat ganz oder fast ganz zu diagnostischen Zwecken verwendet wurde und deshalb nur auf Viertelstunden und mit großen Pausen in Betrieb war. Jetzt aber, in der Therapie, ist er zehn Stunden und darüber mit sehr kleinen Pausen im Gange, und zwar mit den höchsten Spannungen, die zur Speisung der härtesten Röntgenröhren nötig sind.

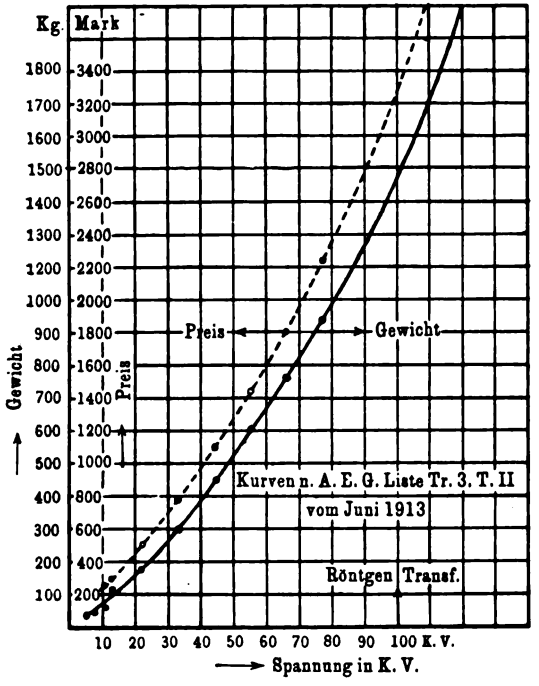
So wurden Durchschläge unvermeidlich bei den Konstruktionen, die sich vor der Zeit der Tiefentherapie als ganz zuverlässig bewährt hatten. Diese Periode der Durchschläge besteht auch heute noch.

Digitized by Google

Täglich aber wächst (weil sich das für die Beeinflussung der Krebskrankheit als notwendig herausgestellt hat) das Erfordernis, die Röntgentransformatoren für noch höhere Spannungen zu bauen, ohne sie erheblich zu vergrößern. Das erscheint, legt man die Erfahrung der Starkstromtechnik zugrunde, obwohl alle bekannten Mittel aufgeboten werden, als schwer möglich.

Baut man die Transformatoren in Öl ein unter Verwendung von Eisenkästen, so kommen bei den geringen zulässigen Dimen-

Fig. 1.



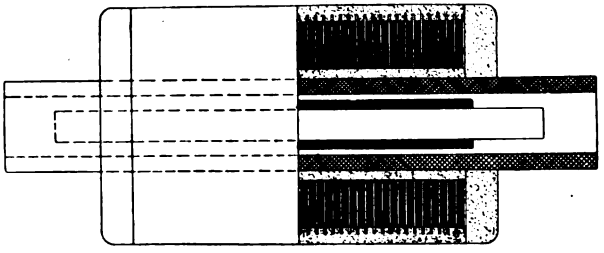
sionen die Hochspannungsspulen zu nahe zusammen oder zu nahe an das Joch oder an die Wand. Tatsächlich werden diese Transformatoren so gut wie gar nicht mehr für Tiefentherapie verwendet. — Ferner ist es beim trockenen Einbau schwer, die etwa 100 000 bis 200000 Windungen Feindraht ganz luftfrei zu vergießen. Die Fig. 2 zeigt schematisch den Aufbau eines offenen Röntgentransformators. Die Hochspannungswickelung wird in scheibenartige Spulen, die „Sektoren“ heißen, zerlegt, die von-

Digitized by Google

einander durch luftfreie Scheiben getrennt sind. Die Primärspule liegt in einem Rohr (Hartgummi oder Papiermasse von MEIROWSKI, HAEFELY u. a.).

Zwischen den Drahtwindungen der Primärspule, wie zwischen deren äußeren Lage und der Innenwand des Rohres ist in der Regel eine Luftschicht. Natürlich läßt sich die Primärspule auch in ihrem Rohre vergießen, aber dann treten die Durchschläge an einer anderen Stelle des Transformators auf, nämlich zwischen den Unterkanten der sekundären Wickelungssektoren und dem äußeren Rande des Primärrohres. Hier läßt sich die Luft kaum ganz wegbringen. Isolationsverletzungen an dieser Stelle sind aber besonders störend, deswegen hat es sich bis jetzt praktisch

Fig. 2.



als besser herausgestellt, auch im Innern des Rohres Luft zu lassen und so an der genannten anderen Stelle die tatsächlich wohl immer vorhandene Luft zu entlasten.

Es ist selbstverständlich, daß die untersten Wickellagen jeden Sektors aus stärkerem Draht gemacht werden, wie dies in Fig. 2 angedeutet ist. Daß man viele Versuche mit luftfreiem Einbau gemacht hat, Vakuumapparate benutzte und noch benutzt, hat gleichfalls nicht zum Ziele geführt. Nach den Erfahrungen der Starkstromtechnik legte man in die Innenwand der Primärrohre Metallfolien ein — oder walzte sie nahe der inneren Oberfläche in das Papierrohr — und verband sie mit dem Eisenkern oder der Primärwickelung. Das Glimmen in der Primärspule wurde damit vermieden, aber die Beanspruchung von Luftteilchen zwischen Rohr und Sekundärspule wuchs, und als neue Störung traten Gleitfunken entlang der äußeren Rohrfläche auf, die auf beiden Seiten bis weit über die Sekundärspule übergingen und bei hoher

Digitized by Google

Spannungsbeanspruchung manchmal um die Endkante des Rohres herum zur Primärwickelung überschlugen.

Die Erscheinung der Gleitentladungen spielt möglicherweise bei den Röntgentransformatoren eine viel größere Rolle als angenommen wird; in der Starkstromtechnik schenkte man ihr z. B. bei den Durchführungen besondere Beachtung.

Nach Messungen an solchen Durchführungen [1]) wächst die „Streifenentladung" (PETERSEN) zunächst mit der Spannung. Plötzlich brechen bei einer bestimmten Spannung Gleitentladungen hervor, die z. B. bei einfachen Durchführungen mit der dritten Potenz der angelegten Spannung wachsen. Solche Erscheinungen bilden sich sicherer am Röntgentransformator aus, wenn das Primärrohr innen mit einer Metalleinlage versehen wurde. Die Luft, deren Glimmen durch diese Einlage vermieden wird, wirkt sonst hemmend auf die Gleitentladung, und diese ist noch schlimmer als der unvollkommene Glimmdurchbruch der Luft im Primärrohre.

Es wurden aber auch Erscheinungen gefunden, die auf Gleitentladungen an anderen Stellen des Röntgentransformators hindeuten. Diese Störung bildet sich an Grenzflächen von Isolierschichten aus, und solche bedrohte Flächen sind in den Sekundärspulen zahlreich vorhanden. Der vielfach unterteilte Aufbau der Zehntausende von Wickelungen feinen Drahtes braucht Tragisolatoren, und zwar Scheiben und Spulenkernringe einerseits und Vergußmasse andererseits. Es finden sich manchmal, insbesondere an den Kernringen defekter Transformatoren, Furchen von verkohltem Material, die Gleitfunken wahrscheinlich machen.

Der so vielfach gegliederte Aufbau enthält, wie erwähnt, leicht Reste von Luft. Die Durchschlagsgefahr steigt, wenn man den Luftmantel im Primärrohr durch Verguß ersetzt.

Die Betriebsverhältnisse sind bei dem Wechselstrom-Röntgentransformator ungünstiger als bei dem mit Unterbrecherbetrieb arbeitenden Röntgeninduktor, weil die Dauer der Beanspruchung bei jenem viel größer ist. Deshalb halten Röntgeninduktoren im Tiefentherapiebetriebe erfahrungsgemäß länger. Das Verhältnis ihrer Beanspruchung läßt sich leicht überschlägig berechnen. Bei ungefähr gleich hohen sekundären Spannungsamplituden und

[1]) Vgl. PETERSEN, Hochspannungstechnik 1911, S. 37.

Digitized by Google

gleichen Isolationsverhältnissen wird beim Röntgeninduktor und bei einer mittleren Unterbrechungszahl von z. B. fünfundzwanzig pro Sekunde die gefährliche Spannungsgrenze je für eine Dauer von der Größenordnung $5 . 10^{-4}$ Sekunde erreicht oder überschritten werden. Beim Betriebe mit 50 periodischem Wechselstrom und unter der Annahme, daß $^1/_5$ der Dauer eines Wechsels die kritische Spannung in diesem Beispiel übersteigt, ist 100 mal in der Sekunde eine Belastung von der Zeit $2 . 10^{-3}$ Sekunden vorhanden Glimmerscheinungen oder die Tendenz zu ihrer Ausbildung werden also während Zeiten herrschen, die sich der Größenordnung nach wie

$$5 . 25 . 10^{-4} \text{ zu } 200 . 10^{-3} \text{ oder wie } 1 : 16$$

verhalten, vorausgesetzt, daß nicht Maßnahmen getroffen sind, die den Transformator für einen Teil der Zeit entlasten.

Eine umfangreiche Statistik über Induktor- oder Transformatordefekte aus den Veifa-Werken in Frankfurt a. M. (die mir ebenso wie die Sammlung der defekten Teile zur Verfügung stand) zeigt die Schwierigkeit der Verhältnisse.

Diese Statistik — deren Anlage Herr Prof. Dr. Epstein in dankenswerter Weise veranlaßt hat — läßt durch die Zahl der Fälle Schlüsse zu, wenn auch beim Einzelfalle die Entscheidung über die erste Ursache sehr oft schwer ist. In der Zeit, über die sich die Statistik erstreckt, sind Verbesserungen der Konstruktion erfolgt, deren Wirkung zum Teil erkennbar ist.

In der ersten Bauperiode überwiegt eine Erscheinung alle anderen: Der Defekt an einem Ende oder an beiden Enden der Sekundärspule. Neben 20 Proz. der Fälle, die auf Material- oder Arbeitsfehler zurückgeführt werden konnten, 3 Proz. Primärrohrdurchschlägen meist an symmetrischen Punkten, sind 65 Proz. so beschaffen, daß die Vermutung der Wanderwellen als Hauptursache nahe liegt. Diese Durchschläge beziehen sich, wie erwähnt, immer auf das Ende. In einigen Fällen handelt es sich um Durchschläge von Spule zu Spule, in der Mehrzahl der Fälle um Durchbrüche von der oder den Endspulen zum Primärrohr hin. Meist ist dann an den Grundringen der Wickelungssektoren eine radiale Zerstörung zu sehen, manchmal sind die Rohre dabei ganz, oft auch nur teilweise perforiert. Kennzeichnend ist bei diesen Fällen die Beschränkung des Vorganges auf das äußerste Ende, wenn

Digitized by Google

auch natürlich, so oft der Defekt im ärztlichen Betriebe spät bemerkt wurde, die Schäden größeren Umfang annehmen.

Denkt man daran, wie die Röntgentransformatoren meist betrieben werden, nämlich unter Ein- und Ausschalten der Sekundärkreise durch rotierende Hochspannungsschalter, so liegt der Schluß auf Schaltwellen sehr nahe. Ihr Vorhandensein und ihr Verhalten in der Sekundärspule von Röntgentransformatoren ist von DÉGUISNE (Phys. ZS. 1916, Nr. 7) untersucht worden. Daß sie an den Schäden stark beteiligt waren, zeigt das Resultat der Maßnahmen. Die nächste Periode steht im Zeichen der Einführung solcher Maßnahmen. So wurden schrittweise die Isolationsverhältnisse der Endspulen verbessert, der Querschnitt der Windungen, besonders der untersten Lagen, erhöht, der Abstand vom Rohre vergrößert, zwischen Ringe und Rohr Vergußmasse gebracht.

Das Ergebnis der zweiten Periode ist dann folgendes. Neben 30 Proz. der Fälle, die als zweifelhaft, als Arbeitsfehler, Versuche und ähnliches ausscheiden, sind jetzt nur etwa 38 Proz. derartige Enddurchschläge vorhanden, die den Verdacht auf die Wanderwellen wie in der ersten Gruppe begründen. Aber nun tritt eine Gruppe hervor, die in der ersten Periode nur mit 10 Proz. vertreten war, jetzt aber, während die Zahl der Enddurchschläge abnahm, etwa 35 Proz. der Fälle ausmacht. Diese Defekte sind nicht gleich deutlich an den Enden lokalisiert, sondern beziehen einen größeren Teil der sekundären Gliederung in ihren Bereich. Eine Reihe von Grundringen, ein größerer Teil der Oberfläche des Rohres ist angekohlt, auch Zwischenscheiben sind oftmals beteiligt.

In der dritten Periode gehen die auf Wanderwellen verdächtigen Durchschläge auf etwa $7^1/_2$ Proz. zurück, die andere Gruppe neigt zur Vermehrung. Die Verminderung der Schaltwellendurchbrüche ist besonders auf folgende Maßnahme zurückzuführen.

Auf den Rat von Prof. PETERSEN wurden geschlitzte Zinkscheiben vor die Spulen eingegossen. Das wirkte zweifellos gut.

Einige mit Metalleinlage zur Entlastung der Luft im Primärrohr ausgestattete Transformatoren gingen sämtlich an Gleitfunken zugrunde, die gegenüber der Einlage am Rohre auftraten.

Digitized by Google

Die nun hauptsächlich in Frage kommenden Defekte sind mit mehr oder weniger Sicherheit auf Gleit- und Glimmerscheinungen zurückzuführen. In der Regel ergibt sich folgender Befund: Das Primärrohr ist an einer Stelle durchgeschlagen und es zeigen sich an seiner Oberfläche verkohlte Stellen, zum Teil vom Durchschlag ausstrahlend. Darüber sind meistens mehrere Spulenkernscheiben verletzt, und zwar häufig derart, daß an ihren Seiten verkohlte Furchen zu sehen sind. Schließlich ist meistens die auf der Kernseite aufliegende Spule, wenn auch oft nur wenig, in Mitleidenschaft gezogen.

Manchmal finden sich deutlich Spuren von Gleitentladungen über größere Flächen der Rohre, vielfach sieht man auch auf den Windungen der primären Spule Sprenkelungen, von den Fußpunkten der Glimmentladung und den darauffolgenden feinen Funken. Die einmal gebildeten Fußpunkte der unvollkommenen Durchbrüche werden beibehalten.

Die Zerstörung nimmt natürlich immer an einer Überanspruchung der dielektrischen Festigkeit des Materials ihren Anfang. In dem feingegliederten Bau der Sekundärspule mit den zehntausenden von feinen Drahtwindungen findet sich wohl häufig eine kleine gaserfüllte Lücke — trotz Vakuumverguß, trotz stundenlangem „Tempern“ der Vergußmasse. Wäre sie nicht vorhanden, so können die Grenzflächen der Dielektrika zu Gleitentladungen veranlassen. Unterbleiben auch die, so glimmt doch immer noch die Luft in der Primärspule. Die Glimmerscheinung führt nun zur Wärmebildung, eventuell zum Schmelzen der Vergußmasse, die überdies bei Erwärmung sehr stark an Isolierfähigkeit einbüßt. Die Glimmzone wächst, die Entladungen bohren sich in die Tragteile des Aufbaues, die Scheiben, Ringe und das Rohr. Endlich kommt es zur Katastrophe.

Dieses allgemeine Ergebnis, und dies ist schließlich das Entscheidende, wird durch alle erdenklichen Maßnahmen nicht geändert, wenigstens gelang dies nicht, trotzdem Jahr und Tag alles mögliche in dieser Richtung versucht wurde. Freilich konnte irgend eine Störungsquelle beseitigt werden, aber es trat dann bei genügender Beanspruchung an anderer Stelle eine neue ein. Ein Röntgentransformator für Tiefentherapie mit einer Effektivspannung von 100000 Volt — die Amplitudenspannungen von annähernd 150000 Volt verursachen das Glimmen — läßt sich auf

Digitized by Google

so engem Raume eben schwerlich für Dauerleistung betriebssicher bauen. Dies war das Resultat aller angestellten Versuche, und nach der Kurve Fig. 1 am Anfang dieses Abschnittes liegt dieses Ergebnis auch nahe.

Das Wichtigste aber ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Röntgentechnik bei diesen Spannungen nicht stehen bleibt. Sie wird sie noch wesentlich erhöhen. Eine Erhöhung des Gewichtes, Preises (und Volumens), wie sie aus der Kurve 1 der Spannungswandler sich ergibt, wird aber für die ärztliche Technik für übersehbare Zeit, von Einzelfällen abgesehen, unerfüllbar bleiben. Diese Tatsachen gaben Veranlassung zu dem Versuche, den Transformator auf etwas anderer Grundlage aufzubauen. Gelingt dies, so wird damit die Einführung noch höherer Spannungen in die Röntgentechnik ermöglicht, in anderen Gebieten erleichtert.

2. Neues Transformatorensystem für hohe Spannungen.

Bei den jetzt üblichen Transformatoren ist die Beanspruchung des Isoliermaterials von der Sekundärspannung abhängig, die wiederum aus dem Übersetzungsverhältnis und der Primärspannung hervorgeht.

Von einem Transformator für Einphasenstrom von 120 Volt Netzspannung und 60000 Volt Sekundärspannung läßt sich also sagen, daß die Maximalbeanspruchung zwischen Sekundär- und Primärkreis an den Stellen der höchsten Potentialdifferenzen 30 kV ist, vorausgesetzt, daß die Mitte der Sekundärwickelung geerdet oder mit der Primärwickelung verbunden ist.

Bei Transformatoren für sehr hohe Spannung, wozu die Röntgentransformatoren gehören, ist also auch die Beanspruchung hoch, sie wächst mit der Sekundärspannung. Im Tiefentherapiebetriebe wird zurzeit mit sekundär höchstens 100 kV effektiv gearbeitet, aber die Neigung besteht, darin höher zu gehen. Zwischen den Sekundärklemmen besteht dann die Beanspruchung 100 kV und mehr. Diese können in der Regel, besonders bei offenen Transformatoren, weit genug voneinander verlegt werden. Zwischen dem Primärkreise und dem Sekundärkreise besteht die Beanspruchung $\frac{100}{2}$ kV $= 50$ kV, wenn die Mitte der Sekundärspule an Erde liegt, sonst mehr.

Digitized by Google

Die Praxis zeigt, wie wir sahen, daß dieser Beanspruchung auf die Dauer ein Röntgentransformator nicht gewachsen ist. Der übliche Weg der Vergrößerung ist, wie im 1. Kapitel ausführlich dargelegt, dem Röntgentechniker verschlossen, es bleibt also nur ein anderer übrig, den die Transformatorentechnik meines Wissens in dieser Form noch nicht beschritten hat.

Dieser Weg besteht darin, das für die Sekundärspannung erforderliche Transformationsverhältnis und die dielektrische Beanspruchung, die bisher verschmolzen waren, ganz getrennt zu behandeln, das heißt, um es an einem Beispiele zu erläutern, einen Transformator für 100 kV sekundär so zu bauen, daß in diesem Transformator zwar das Übersetzungsverhältnis (z. B. 120:100000) vorhanden ist, nicht aber zwischen seiner Primärspule und Sekundärspule die Beanspruchung von 50 kV liegt, sondern vielleicht nur die Hälfte davon. Es wird sich sogleich zeigen, daß diese Lösung mit Hilfe von Gliederung des Apparates erfolgt. Aber diese konstruktive Trennung des Transformationsverhältnisses und der Maximalspannung von der Belastung der Isolation enthält in der Tat einen gangbaren Lösungsweg.

Die Skizzen I bis IV (Fig. 3) (bei denen die Streuung vernachlässigt ist) zeigen den Gedankengang anschaulich. Skizze I zeigt die schematische Anordnung eines Transformators für 100 kV effektive Sekundärspannung, daneben das Spannungsdiagramm und die Beanspruchung einmal für den Fall, daß der Mittelpunkt der Sekundärleitung geerdet ist, und zweitens, wenn an einem Sekundärpol (*b*) Erde angelegt wird. Die höchste Beanspruchung der Isolation zwischen primärem und sekundärem System hat im ersten Falle die Höhe der Hälfte der Sekundärspannung, im anderen ist sie so hoch wie die ganze Sekundärspannung.

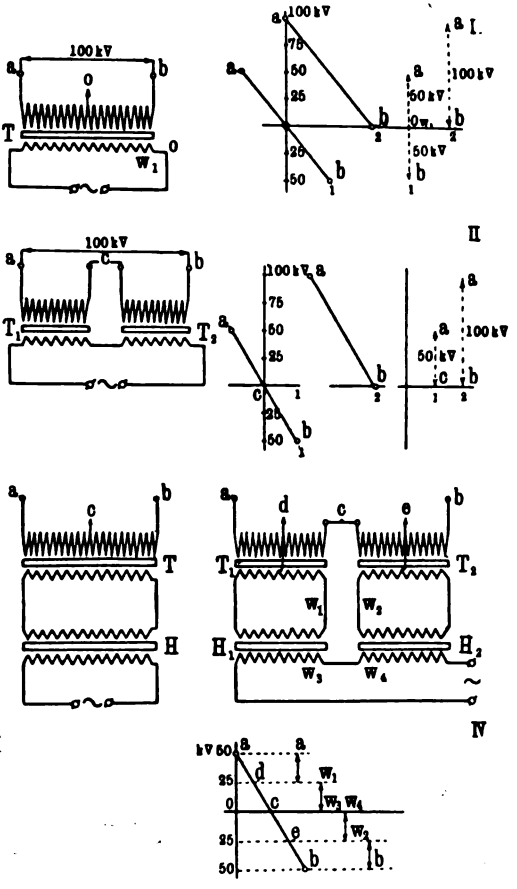
Dies wird keinesfalls besser, wenn etwa, wie Skizze II es zeigt, der Transformator in zwei Gruppen zerlegt wird. Irgend ein Punkt des Sekundärkreises muß an Erde gelegt werden. Ist es Punkt *c*, so bleibt das Diagramm der Hochspannung und die Beanspruchung ist ebenfalls gleich (Diagrammskizze) der halben Sekundärspannung, wird statt *c* ein Ende *a* oder *b* geerdet, dann steigt die Durchschlagsbeanspruchung wiederum am anderen Ende auf die volle Höhe der Sekundärspannung.

Skizze III zeigt die Vorschaltung eines Hilfstransformators *H* vor den Hochspannungstransformator. Einfach ist das nur, wenn

Digitized by Google

der Hilfstransformator ein Verhältnis ähnlich 1:1 hat, und dabei bleiben die Diagramme des Falles II bestehen. Denn irgendwo zwischen *a* und *b* im Sekundärkreise des Hochspannungstransformators muß Erdpotential liegen, am besten bei *c*. Dann aber muß auch die Primärspule Erdpotential haben, denn jedes davon

Fig. 3.



verschiedene Potential erhöht die Durchschlagsbeanspruchung an einem Ende. Würde in *H* ein Teil des Übersetzungsverhältnisses gelegt, so wäre die Sache wohl ungünstiger, denn der Eisenkern in *T* erhält damit die Rolle, die vorher die Primärwickelung in *T* hatte, und muß deshalb Erdpotential erhalten. Die dielektrische

Digitized by Google

Beanspruchung ist geblieben und die Kosten und Schwierigkeiten der Unterbringung einer zweiten Wickelung von sehr zahlreichen Windungen kommen hinzu.

Dagegen erlaubt die Anordnung IV die angestrebte Entlastung des Materials, wie sie aus dem Diagramm hervorgeht.

Der Transformator ist in zwei Hälften T_1, T_2 zerlegt, deren jede beispielsweise das vorgeschriebene Übersetzungsverhältnis hat, so daß dieses bei der hier angedeuteten sekundären und primären Serienschaltung ungeändert bleibt. Den beiden Haupttransformatoren ist je ein Hilfstransformator vorgeschaltet. Diese Hilfstransformatoren brauchen kein von 1 verschiedenes Übersetzungsverhältnis zu haben, sie dienen lediglich zur Unterteilung und damit zur Herabsetzung der Durchbruchsbeanspruchung. Die eigentliche Transformationsaufgabe besorgt der geteilte Haupttransformator.

An der Verbindungstelle c wird die Hochspannungsseite geerdet, dann entsteht bei a (vgl. Diagramm) und b in jedem Moment entgegengesetzt gerichtete, aber der absoluten Größe nach gleiche Spannung gegenüber der Erde von je 50 kV. Die Punkte d und e sind die Mittelpunkte der beiden Sekundärwickelungen. Ihre Potentiallage zur Erde ist also je 25 kV. Diese beiden Punkte werden nun jeder für sich mit der zugehörigen Primärspule verbunden. Die Primärspulen der Transformatoren müssen voneinander und von der Erde isoliert sein. Durch diese Maßnahme ist die maximale Beanspruchung auf 25 kV beschränkt, und es ist nur noch Sorge zu tragen, daß die Hilfstransformatoren H_1 und H_2 eine Spannung von gleichfalls 25 kV zwischen Primär- und Sekundärspule aushalten, eine Forderung, die bei den wenigen primär und sekundär gleichen Windungen leicht zu erfüllen ist. Das Diagramm zeigt die Verteilung der Durchschlagsbeanspruchung deutlich.

Die Nachteile dieser Anordnung sind die Gliederung des einfachen Transformators und der Energieverlust durch die zweimalige Transformation. Es darf aber nicht vergessen werden, daß die Herabsetzung der Isolationsbeanspruchung eines Hochspannungstransformators auf die Hälfte die Kosten seiner Herstellung nicht nur halbiert, sondern bei gleicher Leistung weit unter die Hälfte herabsetzt, so daß die Kosten für das Hilfssystem mit seinen wenigen, leicht zu isolierenden dickdrähtigen Windungen

Digitized by Google

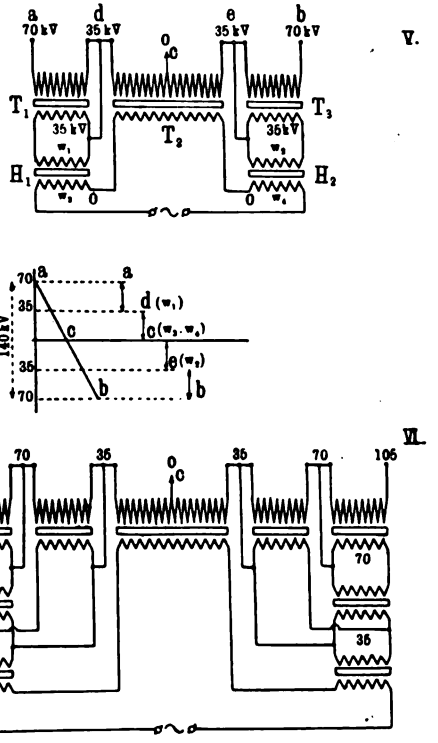
dabei herauskommen. Als Gewinn bleibt die Betriebssicherheit und bei sehr hohen Spannungen eine erhebliche Ersparnis.

Der Stromverlust der zweiten Transformation wird wenigstens zum Teil durch den wegfallenden Glimmverlust ausgeglichen. Bei vielen Anwendungen, wie bei Prüftransformatoren und in der Röntgentechnik spielt eine Erhöhung des Verbrauches von wenigen Prozent keine Rolle.

Dieses System kann vielgestaltig weiterentwickelt werden, wie die Skizzen V und VI (Fig. 4) zeigen.

Skizze V zeigt die Anordnung mit einer Verbesserung, der Einführung eines dritten Teiltransformators. Die Ersparnis beträgt einen Hilfstransformator. Die Verteilung der dielektrischen Beanspruchung ist aus der Skizze und dem Diagramm ersichtlich.

Fig. 4.



Beim weiteren Ausbau des Systems lassen sich Transformatoren sparen, indem die Hilfstransformatoren, die gewissermaßen die Eckpfeiler des Systems bilden, größer genommen werden, wie das Skizze VI zeigt, wenn man sie als aus V hervorgegangen betrachtet. Besitzt ein Laboratorium eine Hochspannungsprüfanlage — z. B. für 150 kV — und will auf 250 kV übergehen, so braucht es nichts von seiner Anlage zu verlieren, sondern nur die Flügel der Anordnung auszubauen. Die Ecktransformatoren werden in der Leistung größer, die früheren rücken herein, keine Stelle ist aber

Digitized by Google

höher wie 35 kV in unserem Beispiel belastet, die Durchschlagssicherheit ist sehr groß. Darin liegt meines Erachtens ein Vorteil dieses Systems bei seiner Anwendung in Prüfanlagen, daß mit verhältnismäßig geringer Ergänzung und ohne Verlust die Anlagen für immer höhere Spannungen ausgebaut werden können, und daß dabei feststehende Typen verwendet werden können, welche die serienweise Herstellung zulassen. Inwieweit das System für Starkstromzwecke, Fernleitungen eine Bedeutung gewinnen sollte, muß die weitere Entwickelung lehren.

Vielleicht darf noch erwähnt werden, daß in den Schaltskizzen nur Beispiele gegeben sind; das System, welches in der Aufnahme eines Teiles der Durchschlagsbeanspruchung, nicht der Transformation selbst, in Hilfsorganen besteht, läßt sich mannigfach variieren. So braucht das Potential, auf welches die Sekundärspulen der Hifstransformatoren gebracht werden, nicht wie in den Beispielen, das der Verbindungsstellen zweier benachbarter Hochspannungswickelungen zu sein; ebensogut kann die Sekundärspule des zugehörigen Teiltransformators an einer passenden Stelle angezapft und das dort vorhandene Potential dem Zwischenkreise mitgeteilt werden.

3. Glimm- und dielektrische Verlustströme[1]) beim gewöhnlichen und neuen Transformator. (Leerlaufversuche.)

Mit der neuen Anordnung wurden Messungen ausgeführt, die, auf den gewöhnlichen Röntgentransformator ausgedehnt, über den Glimmstrom und den Ladestrom[1]) Aufschluß geben. Dabei wurden wieder Röntgentransformatoren mit offenem Eisenkern gewählt, die aus mancherlei Gründen in der Tiefentherapie neben solchen mit geschlossenem Eisenkern vielfach Aufnahme gefunden haben, die sich — da es auf den Nutzeffekt des Transformators in der Röntgentechnik wenig ankommt — einfacher für hohe Spannungen bauen lassen als geschlossene.

---

[1]) Die dielektrischen Verlustströme sind im nachfolgenden manchmal kurzweg als „Ladeströme“ bezeichnet; gemeint sind stets sämtliche Ströme, die im Dielektrikum ihre Ursache haben.

Digitized by Google

Schaltungen und Meßinstrumente.

Zur Messung des primären Stromes und der Primärspannung dienten Weston-Instrumente, zur Messung der Sekundärspannung ein elektrostatisches Voltmeter von HARTMANN u. BRAUN.

Dieses letztere, bei den Versuchen immer wieder benutzte Instrument hatte drei Meßbereiche, die durch Vorschalten oder Parallellegen von kleinen Kapazitäten, die von der Fabrik abgeglichen waren, hergestellt werden. Es hatte 5 große Teilstriche, die Intervalle von 2 ab waren in 10 Unterteile eingeteilt.

Von 0 bis 1 war die Ablesung wenig genau, von 2,5 ab war noch $^1/_4$ eines kleinen Intervalles gut schätzbar.

Je nach Gruppierung der Vorschaltkondensatoren müssen die großen Skalenteile mit 1, 4 oder 9 kV multipliziert werden. Bei den weitaus meisten Messungen wurde naturgemäß der große Meßbereich benutzt, die bis $5 \times 9 = 45$ kV Effektivwert der Sekundärspannung ablesen ließ. Dieser Meßbereich war natürlich für die vorliegenden Aufgaben viel zu klein. Um die Spannung dennoch genau messen zu können, wurde der Kunstgriff benutzt, alle verwendeten Transformatoren in der Mitte der Sekundärwickelung anzuzapfen, und zwar so, daß hier die Leitung unterbrochen und die beiden Enden herausgeführt waren. Diese Art der Anzapfung[1]) war für spätere Messungen wichtig. Für die Spannungsmessung wurden die beiden nach außen führenden Drähte bei A (Fig. 8) miteinander verbunden und die Verbindungsstelle zu einer der Anschlußklemmen des Voltmeters P_2 geführt. Das Instrument zeigte nur richtig, wenn seine linke Klemme an Erde lag. Dies konnte bei den meisten Messungen, wie z. B. hier, gut erfüllt werden, da ja die Mitte des Transformators ohnehin an Erde gelegt wurde. In anderen Fällen mußte eigens zur Bestimmung der Spannung vorübergehend die Erde an einen unsymmetrischen Punkt gelegt werden.

Auf diese Weise konnte die Spannung jeder Hälfte der Transformatoren bis 45 kV, also bis 90 kV für den Transformator direkt abgelesen werden, wobei eventuell vorhandene kleine Unsymmetrien in den beiden Sekundärspulenhälften berücksichtigt wurden. Die Kondensatoren des Instrumentes können auf die

[1]) Sie ist in Fig. 8 bei der mittleren Sekundärspule zu sehen.

Digitized by Google

Sekundärspannung einen Einfluß nicht ausüben; sie wurden annähernd mit einer Telephonmeßbrücke bestimmt und ergaben eine Kapazität von der Größenordnung 10 cm. Bei unseren Messungen waren in der Regel drei hintereinandergeschaltet, also die Kapazität von der Größenordnung 3 cm, was gegenüber der Größenordnung des Sekundärstromes von 0,1 mA und darüber außer Betracht bleiben konnte.

Ein Versuch ergab ein nahezu proportionales Steigen der Sekundärspannung mit dem Primärstrom.

Die Primärspule, durch einen Luftmantel vom Isolierrohr getrennt, ließ eine gute optische Beobachtung des Glimmens im verdunkelten Raume zu. Außerdem hört man an einem solchen Rohr das beginnende sausende Geräusch des Glimmens sehr deutlich. Beide Beobachtungen, die optische und die akustische, sind für den Eintritt des Glimmphänomens sehr empfindlich, man hört und sieht die Erscheinung etwas eher, als sie mit dem unten beschriebenen empfindlichen Dynometer bei Spiegelablesung im späteren Gang der Untersuchung erkennbar wurde. Ein Vorversuch ergab für den benutzten Transformator, daß bei etwa 55 kV das erste Glimmgeräusch am Primärrohr zu vernehmen war, bei 66 kV war es deutlich zu hören und man begann auch Spuren von bläulichem Scheine zu sehen. Von etwa 76 kV an war die Erscheinung deutlich zu sehen.

Wattmessung im Primärkreise.

Nun wurde der Versuch gemacht, den Glimmverlust durch die primäre Wattaufnahme zu bestimmen, indem diese einmal mit und einmal ohne Sekundärspule gemessen wurde, und diese selbe Messung auf das neue Transformatorensystem auszudehnen. Es war dabei von vornherein klar, daß mit dem Wegfall der Sekundärspule nicht der Glimmstrom allein verschwindet, sondern auch die lokalen Ladeströme und die Ströme im Dielektrikum, die in der Sekundärspule auch bei Leerlauf fließen. Man kann aber annehmen — und spätere Messungen beweisen dies —, daß diese lokalen Ladeströme fast wattlos sind.

Die Schaltung der Anordnung ist aus den Skizzen Fig. 5 und 6 zu ersehen.

Digitized by Google

Die Hilfstransformatoren, die auch später verwendet wurden, waren kleine Öltransformatoren der Bauart, wie sie allgemein für Stromwandler üblich ist. Ihre Primärwickelung war in zwei Gruppen eingeteilt, die parallel oder hintereinander geschaltet

Fig. 5.

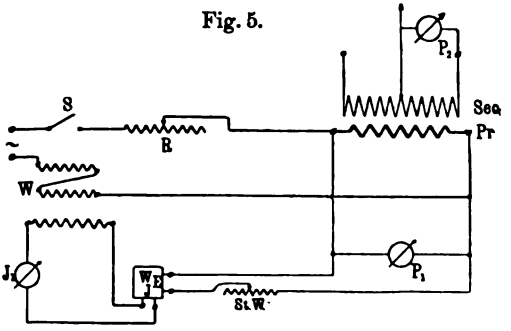
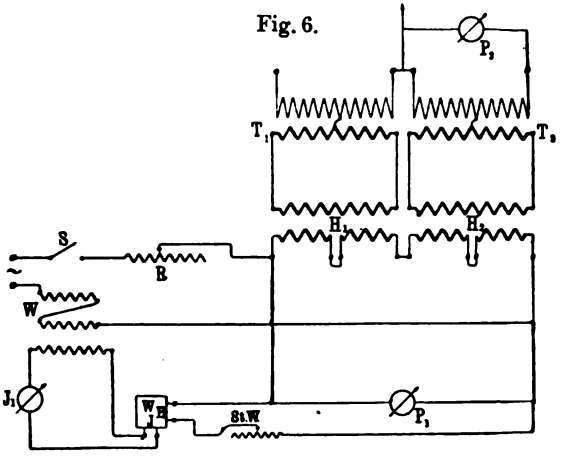


Fig. 6.



werden konnten, so daß im Hilfstransformator eine Übersetzung von 1:1 oder 1:2 herbeigeführt wird.

Die Schaltung des Transformatorsystems war die der Schaltskizze Fig. 3, IV.

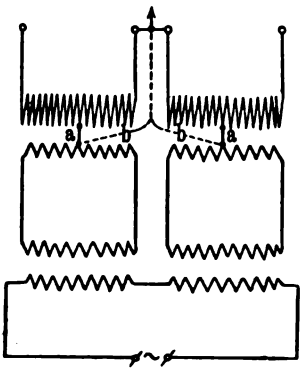
Das Ergebnis dieses Vorversuches war nur qualitativ befriedigend, ließ sich aber quantitativ zur Messung des Glimm- und Ladeverlustes nicht auswerten.

Es stellte sich nämlich heraus, daß in bezug auf das Glimmen das heißt also, hinsichtlich der Herabsetzung der Materialbeanspruchung, das Resultat den Erwartungen entsprach. Bei 74 kV

Digitized by Google

fingen die Sekundärklemmen an zu zischen, obwohl ihre Oberfläche gerundet und durch Vernickelung und Polierung geglättet war. Aber noch bei 88 kV war in den Primärspulen kein sicher hörbares oder sichtbares Glimmen wahrzunehmen. Die Wattaufnahme zeigte beim einfachen Röntgentransformator eine Verringerung, wenn die Sekundärspule abgenommen wurde. Beim neuen System blieb diese Verringerung aus. Das Verfahren ist aber als Ganzes zu ungenau, weil der Glimmverlust gegenüber der Wattaufnahme eines solchen Induktors mit offenem Eisenkern nicht groß genug ist. Deshalb werden Meßfehler der Wattaufnahme, die an sich zulässig sind, unzulässig groß gegenüber dem eigentlichen Glimmverlust. Beträgt dieser beispielsweise 5 Proz. der Wattaufnahme, so bedeutet ein 2prozentiger Meßfehler schon 40 Proz. Fehlermöglichkeit für die gesuchte Größe.

Fig. 7.



Zu späteren Versuchen wurde ein sehr empfindliches horizontales Präzisionswattmeter von HARTMANN und BRAUN benutzt. Dieses Instrument war mit Fadenaufhängung versehen. Es besaß eine feste Stromspule, mit J bezeichnet, eine gleichfalls feste kleinere zweite Stromspule i, die zur Verstärkung herangezogen werden kann, und eine drehbare Spannungsspule E (vgl. Fig. 8). Bei der Verwendung als Wattmeter konnte J und E benutzt werden oder aber J, i und E, dann war das Instrument empfindlicher. Von der Möglichkeit, es als Milliamperemeter zu benutzen, wurde später Gebrauch gemacht. Spiegelablesung war vorgesehen und ist später vielfach verwendet worden.

Das Wattmeter erforderte selbstverständlich nachherige Eichung, die später erwähnt werden soll.

Die Schaltungsanordnung gestattete durch einfache Verlegung der Potentialleitungen (Fig. 7) von a nach b, unter Wahrung aller übrigen Verhältnisse die neue Schaltanordnung in die gewöhnliche überzuführen, wobei also die Primärspulen Erdpotential gegenüber den sekundären haben. Um diese Möglichkeit auszunutzen, wurden lange Umschaltstäbe aus Glas hergestellt, an deren Ende

Digitized by Google

die Leitung an einem Metallkontakt befestigt war, und die daher erlaubten, während der Einschaltung nach erfolgter Ablesung rasch die Stellung *a* in die Stellung *b* überzuführen. Sofort trat starkes Glimmen auf, aber außerdem stieg die Primärspannung, die Wattaufnahme war durchgehend größer und die Sekundärspannung sank (bei vermehrter Primärspannung) um etwa 1 Proz. Stellte man mit Hilfe eines Feinrheostaten die gestiegene Primärspannung wieder auf ihren früheren Wert, so betrug die Vermehrung der Wattaufnahme noch etwa 2 Proz.

Es wurde auch geprüft, ob die Magnetfelder der einzelnen Transformatoren sich beeinflußten (was schon bei geringen Entfernungen nicht mehr merklich zutraf) und gesorgt, daß die Ausschläge des sekundären Voltmeters nicht von den Feldern und Zuleitungen beeinflußt wurden.

Wattmessungen im Sekundärkreise.

a) Wirkung der neuen Schaltung auf den Glimmverlust.

Es war in dem Zusammenhange dieser Gedankengänge wichtig, über den Glimmverlust der Röntgentransformatoren zu einem genaueren Ergebnis zu kommen; denn er ist der Hauptgrund für die zahlreichen Durchschläge. Er interessiert nicht etwa vom Standpunkte des Stromverbrauches, der ja überhaupt eine geringe Rolle in der Röntgentechnik spielt und, wie aus den bisherigen Versuchen hervorgeht, klein sein muß gegenüber dem sonstigen Leerlauf-Energieverbrauch der gewählten Transformatoren mit offenem Eisenkern. Aber der Glimmstrom setzt sich zum größten Teil in Wärme um, und zwar im Isolationsmaterial, das er sehr erheblich im Dauerbetriebe erhitzt. Er hat in seinem Gefolge Gleitfunken und schließlich den vollkommenen Durchschlag. Die Energie, welche solchermaßen der Zerstörung der Apparate dient, quantitativ genauer zu verfolgen, ist deshalb wohl wichtig, besonders auch, wenn dabei gemessen werden kann, wie weit Maßnahmen diese Zerstörungsenergie herabzusetzen geeignet sind.

Da Messungen auf der Primärseite sich als unzureichend ergeben hatten, weil die gesuchte Größe dabei immer nur ein kleiner Bruchteil der gemessenen Größe war, wurde jetzt der Versuch gemacht, unmittelbar die Größen in der Sekundärspule bei Leer-

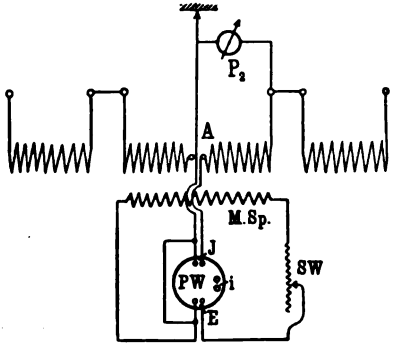
Digitized by Google

lauf in den verschiedenen Schaltungen zu erfassen und so auf die Zerstörungsenergie des Glimmstromes zu kommen.

Hierzu eignete sich das oben beschriebene Präzisionsdynamometer von HARTMANN und BRAUN vorzüglich, sowohl als Wattmeter wie als Milliamperemeter. Ferner konnte dazu die Teilung der Wickelung in der Sekundärspule (Fig. 8) benutzt werden, um die Stromspulen des Dynamometers einzuschalten.

Von jetzt ab wurde mit der Schaltung Skizze V (Fig. 4) gearbeitet, d. h. es wurde ein Teiltransformator in die Mitte der beiden anderen gesetzt, der so dimensioniert war (bzw. dessen Transformationsverhältnis durch Veränderung der primären Windungszahl zu den Transformationsverhältnissen der anderen beiden so abgeglichen werden konnte), daß die von ihm gelieferte Effektivspannung annähernd gleich war der Summe der von beiden Flügeltransformatoren gelieferten effektiven Sekundärspannungen.

Fig. 8.



Der Strom für das Wattmeter wurde an der Anzapfstelle des mittleren Induktors, die gleichzeitig geerdet wurde, entnommen.

Die Spannung für das Wattmeter lieferte eine Hilfswickelung, die über die ganze Länge der Primärspule des mittleren Induktors gelegt war. Die Schaltung des Aufbaues (unter Hinweglassung der Zwischenkreise) gibt Fig. 8 wieder. Dabei bedeutet A die Unterbrechungsstelle des mittleren Transformators, von der aus Leitungen zur Erde und zum Hochspannungsvoltmeter P_2 gehen. Zwischen die beiden Unterbrechungsstellen ist die Stromspule (J) des Dynamometers geschaltet, während die von der Meßspule (MSp) gelieferte Hilfsspannung über einen Vorschaltwiderstand, den Stöpselwiderstand (SW) auf der Spannungsspule E des Dynamometers liegt. E ist ebenso wie J geerdet, es können also zwischen ihnen Ladungsfelder nicht auftreten.

Das Dynamometer stand einige (3) Meter von dem nächsten Röntgentransformator entfernt. Es wurde kontrolliert, ob es von

Digitized by Google

den zu messenden Größen unabhängige Ausschläge zeige, doch war es davon frei.

Daß ein Glimmen nicht auftrat, wenn die neue Anordnung getroffen wurde, hatten die Vorversuche ergeben. Nunmehr sollte die Leistung gemessen werden, die im Wattmeter zwischen dem sekundären Leerlaufstrom und der Spannung der Hilfsspule angezeigt wurde, und zwar um die Verlustquellen zu trennen, bei verschiedenen Schaltungen.

Um nämlich auf den eigentlichen Glimmverlust zu kommen, muß zunächst der „Ladestromverlust" (d. h. der Verlust durch Kapazitätsstrom und den Strom im festen und flüssigen Dielektrikum) bekannt sein. Offenbar ist dieser Ladestromverlust aber größer bei der neuen Anordnung, wo die Zwischenkreise, d. h. die sekundären Spulen der Öltransformatoren und die primären der Hochspannungstransformatoren auf hohe Spannung gebracht werden. Diese Vergrößerung mußte als Differenz der Verluste ermittelt werden, die bei Erdpotential und hohem Potential der Zwischenkreise entstehen. Dann ist der Glimmstromverlust zu bestimmen, der beim gewöhnlichen Transformator auftritt und der bei der Versuchsanordnung durch Erdung der Zwischenkreise herbeigeführt werden kann. Endlich ist die neue Schaltung herzustellen, die keinen Glimmverlust mehr haben soll, wohl aber den durch die Zwischenkreise und die drei Hochspannungstransformatoren erhöhten Ladeverlust.

Diesem Zweck dienten Meßreihen unter folgenden in Fig. 9 und 10 dargestellten vier Bedingungen:

a) Wenn die beiden seitlichen Transformatoren ihrer Sekundärspulen entledigt wurden und der Zwischenkreis, also die Primärspulen der seitlichen Hochspannungstransformatoren an Erde gelegt wurde.

b) Wenn wie bei a) die seitlichen Sekundären entfernt wurden, aber die Zwischenkreise die Potentiale der Enden der mittleren Sekundärspule bekamen.

c) Wenn alle drei Sekundärspulen in Serie geschaltet waren, aber der Zwischenkreis wie im Falle a) Erdpotential erhielt (gewöhnliche oder Glimmschaltung).

d) Endlich bei der neuen Schaltung.

Bei der Anordnung a) kann offenbar im Sekundärkreise nur der Leerlaufstrom entstehen, der in der mittleren Sekundärspule

Digitized by Google

als „Ladestrom“ auftritt. Glimmstrom kann nicht entstehen, so lange die Glimmgrenze nicht überschritten wird. Es ist also bei a) Glimmverlust (V_g) annähernd 0, „Ladeverlust“ (V_l) klein, weil beschränkt auf die verhältnismäßig niedere Spannung der mittleren Sekundärspule.

Im Falle der Anordnung b) ist ebenfalls V_g annähernd gleich 0, unter der gleichen Voraussetzung dagegen ist V_l groß, weil nun der Zwischenkreis auf die Endpotentiale der mittleren Sekundärspule aufgeladen wird, was bei den benutzten Öltransformatoren einen beträchtlichen „Ladestrom“ ergeben muß.

Fig. 9.

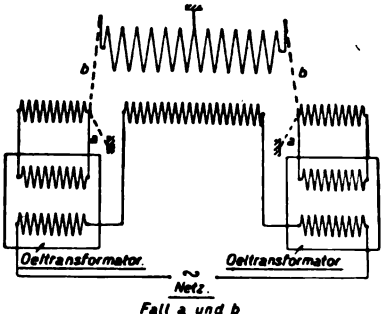
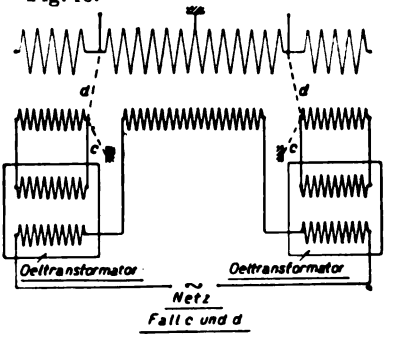


Fig. 10.



Die Ladeenergie im Falle b) abzüglich der Ladeenergie im Falle a) ergibt offenbar die Vermehrung der Ladeenergie der neuen Anordnung gegenüber der üblichen, abgesehen von den eventuellen, sehr kleinen Änderungen der Phasenverschiebung. Der Glimmverlust und Ladeverlust in der Anordnung c) kommt zustande aus der „Ladeenergie“, die hier wieder kleiner ist, weil der Zwischenkreis primär und sekundär Erdpotential hat und dem darübergelagerten Glimmverlust (V_g). Diese Schaltung entspricht hinsichtlich der dielektrischen Beanspruchung einem einzigen langen Röntgentransformator.

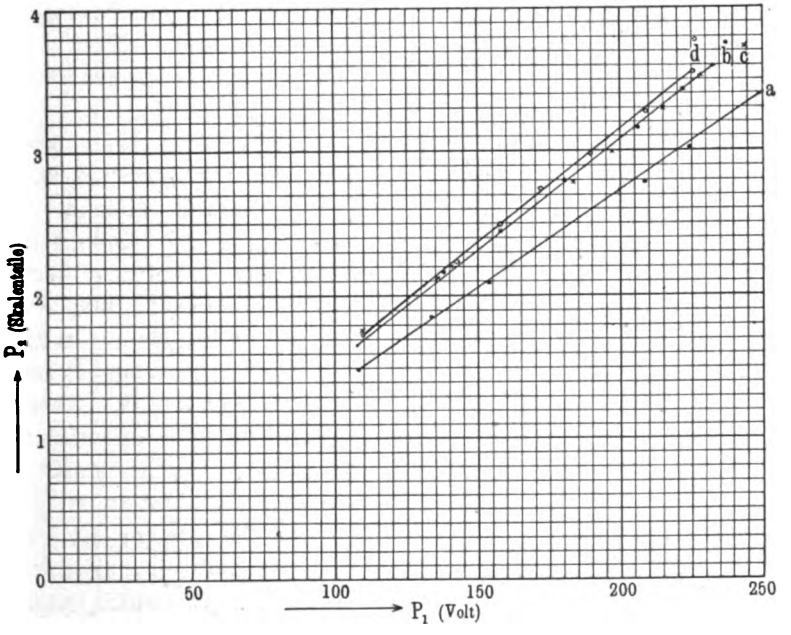
Endlich wurde noch die neue Schaltung hergestellt. Hier haben wir die Ladeenergie der drei hintereinandergeschalteten Induktoren wie bei c), vermehrt um den Ladestrom des Zwischenkreises ($V_{lb} - V_{la}$), aber ohne Glimmverlust V_g. Wird also der Wattverbrauch dieser Schaltung gemessen, davon die Vermehrung des Ladeverlustes der neuen Schaltung, das ist die Differenz der

Digitized by Google

Ladeströme von *b* und *a* abgezogen, dann kann nur noch ein Betrag übrigbleiben, der nicht allzuviel größer wie der Ladeverlust *a* ist, denn er ist nur vermehrt um den Ladeverlust der beiden seitlichen Sekundärspulen, die in ihren Ausmaßen zusammen der mittleren sekundären Spule etwa entsprechen.

Der Gang der Messung war in allen Fällen gleich. Die primären Spulen der drei Gruppen wurden in Serie geschaltet und die Windungszahlen so abgeglichen, daß der mittlere Transformator ungefähr die Spannung hatte, wie die beiden äußeren zu-

Fig. 11.



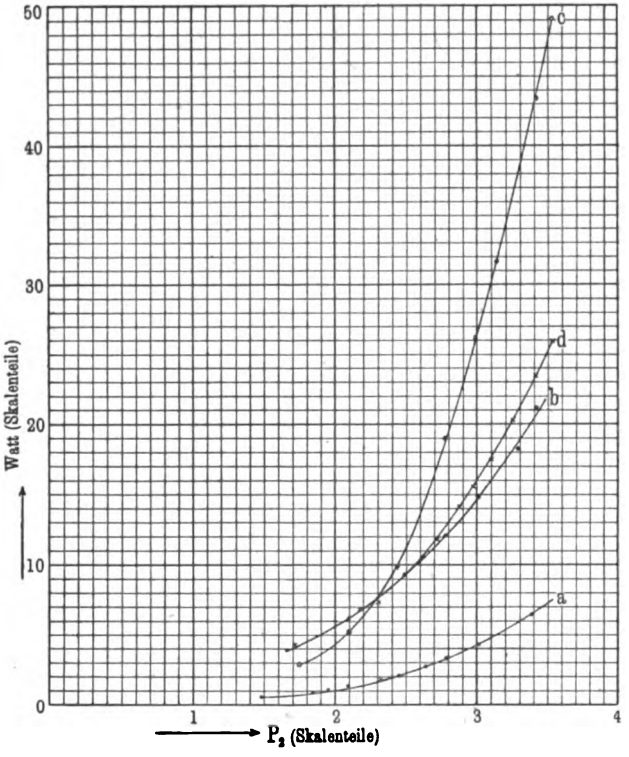
sammen; von diesen beiden lieferte jeder ungefähr gleich viel. Die Messung der Sekundärspannung erfolgte so, daß mehrmals bei einer bestimmten Einstellung die Spannungen der Einzelglieder (also jeder Hälfte der mittleren und jeder ganzen äußeren Sekundärspule) bestimmt und addiert wurden. Das ist zulässig, da bei der Serienschaltung der drei Gruppen keine erheblichen Phasenverschiebungen vorkommen können. Auf diese Weise brauchte später nur die Spannung eines Gliedes gemessen zu werden, um das ganze zu kennen, und es ergab sich, daß ein großer Teilstrich

Digitized by Google

auf dem statischen Voltmeter ziemlich genau 39 kV für den Komplex entsprach.

Das Dynamometer wurde mit Spiegel und Fernrohr abgelesen. Bei späteren Messungen waren die Energien größer und es wurde dann direkt abgelesen. Der maximale Zeigerausschlag betrug nur wenige (3) Skalenteile. Da die Entfernung von Skala und Spiegel etwa 7 m betrug, konnte ohne Bedenken Sehne statt Bogen-

Fig. 12.



länge eingesetzt werden, übrigens auch schon deshalb, weil die darauffolgende Eichung in gleicher Weise vorgenommen wurde. Der Strom passierte die Spulen J und i, der Spannungsspule waren 70000 Ω induktions- und kapazitätsfrei vorgeschaltet.

Abgelesen wurde bei diesen Serien der Primärstrom J_1 und die Primärspannung P_1 an Westoninstrumenten, die sekundäre Spannung P_2 der halben mittleren Sekundärspule, der, wie oben erwähnt,

Digitized by Google

die Gesamtspannung proportional war, und das Wattmeter in der geschilderten Weise. — Alle Meßreihen sind wiederholt worden. — Der Strom entstammte dem Stadtnetz von etwa 46 Perioden.

Der Gang der vier Versuchsreihen ist aus den Tabellen zu entnehmen. In Fig. 11 ist die Abhängigkeit der Sekundärspannung (Skalenteile) von der Primärspannung in den vier Fällen dargestellt, in Fig. 12 die Abhängigkeit der Verluste (Skalenteile) von der Sekundärspannung.

Anordnung a).

P_1 (Volt)	J_1 (Ampere)	P_2 (Skalenteile)	Watt (Skalenteile)
108,0	6,8	1,48	0,5
134,0	8,2	1,85	0,9
138,0	8,4	1,95	1,1
154,0	9,4	2,09	1,4
169,0	10,5	2,32	1,7
180,0	11,0	2,45	2,0
187,0	11,4	2,53	2,3
196,0	12,0	2,64	2,7
209,0	12,8	2,79	3,3
116,2	13,2	2,9	4,0
224,0	13,8	3,01	4,2
231,0	14,3	3,10	4,7
238,0	14,85	3,23	5,6
244,0	15,15	3,32	6,0
249,0	15,60	3,39	6,4

Anordnung b).

P_1 (Volt)	J_1 (Ampere)	P_2 (Skalenteile)	Watt (Skalenteile)
108,0	6,6	1,65	3,9
135,0	8,0	2,1	6,2
138,0	8,2	2,15	6,6
145,0	9,2	2,41	8,5
168,0	10,2	2,62	10,6
180,0	10,7	2,78	12,1
189,0	11,2	2,9	13,3
196,0	11,6	3,0	14,6
206,8	12,2	3,15	16,5
214,8	12,83	3,29	18,3
222,0	13,2	3,41	21,3

Digitized by Google

Anordnung c).

P_1 (Volt)	J_1 (Ampere)	P_2 (Skalenteile)	Watt (Skalenteile)
110,0	6,3	1,75	2,8
136,0	8,0	2,11	5,1
141,0	8,2	2,19	5,7
158,0	9,1	2,44	9,9
173,0	10,0	2,65	14,8
183,0	10,5	2,78	19,0
188,0	10,9	2,88	22,0
198,0	11,3	2,99	26,2
210,0	11,85	3,13	31,7
216,0	12,3	3,29	37,6
223,4	12,79	3,42	43,4
229,0	13,05	3,52	49,6

Anordnung d).

P_1 (Volt)	J_1 (Ampere)	P_2 (Skalenteile)	Watt (Skalenteile)
110,0	6,2	1,72	4,3
137,6	8,0	2,19	6,9
142,6	8,2	2,23	7,3
157,6	9,1	2,49	9,3
172,0	10,0	2,72	11,8
184,0	10,6	2,88	14,1
190,0	11,0	2,98	15,6
200,0	11,4	3,1	17,5
209,0	12,0	3,25	20,3
218,0	12,5	3,41	23,5
225,0	13,0	3,53	26,0

Die Betrachtung der Tabellen und Kurventafeln ist in mehrfacher Beziehung von Interesse. Im Falle a) zeigt sich, daß die Sekundärspannung gegenüber der Primärspannung im Vergleich zu den anderen drei Fällen zurückbleibt. Die Anordnung a) enthält nur die mittlere Sekundärspule, deren Enden offen blieben. In allen anderen Fällen sind diese Enden an Leiter geschlossen, die eine Kapazität darstellen und zwar sind es im Falle b) die Öltransformatoren, im Falle c) die äußeren Sekundärspulen, im Falle d) endlich die Öltransformatoren und Sekundärspulen. Die

Digitized by Google

Werte für P_2 laufen in diesen drei Fällen sehr nahe zusammen und wie Fig. 11 zeigt, durchweg etwa 10 Proz. höher als im Falle a).

Die letzte Kolonne und die Kurvenschaar Fig. 12 gibt die Wattzahl und zwar in Skalenteilen. Aus der Form der Kurven darf also nicht auf eine Gesetzmäßigkeit geschlossen werden, denn sie enthalten die Eichkurve des Instrumentes. Es wurde hier davon abgesehen, die Eichwerte einzusetzen, denn auch dann läßt sich kein Schluß auf den wahren Wert des Glimmeffektes ziehen, weil die Messung Wattbeträge zeigt, die zwischen dem Strom und einer Hilfsspannung entstehen.

Der wahre Wattverbrauch des Stromes mit der Hilfsspannung interessiert aber gar nicht. Vielmehr kommt es hier nur darauf an, die Wirkung der verschiedenen Schaltungen zu sehen. Der tatsächliche Wattverlust durch den Glimmstrom ist im nächsten Abschnitt bestimmt, d. h. für die Spannungen, die im Sekundärkreise herrschen.

Es erweist sich nun, daß der Leerlaufwattverbrauch einer einzelnen Sekundärspule (Tabelle und Kurve a) vergleichsweise sehr gering ist, so lange kein Glimmen auftritt. Die Belastung war so gewählt, daß bei dieser Anordnung eben nur bis zum Glimmen gegangen wurde. Dieser Wattverbrauch steigt auf einen mehrfachen Betrag (c), wenn die äußeren Sekundärspulen in der gewöhnlichen Schaltung (Glimmschaltung) angeschlossen wurden und ins Glimmen gerieten. Die Vermehrung kommt zum Teil auf die Verluste durch Ladeströme in den seitlichen Sekundärspulen, zum Teil auf Glimmverluste. Es muß daran gedacht werden, daß die Skalenteile P_2 sich immer auf die Hälfte des mittleren Induktors beziehen. Für a) und b) war also die Sekundärspannung des allein in Frage kommenden mittleren Induktors in erster Annäherung $(2 \cdot 9000 \cdot s)$ kV, bei c) und d), wo alle Sekundärspulen in Serie lagen $(4 \cdot 9000 \cdot s)$ kV, wo s die Anzahl der Skalenteile bedeutet.

Ganz beträchtlich ist der Verlust im Dielektrikum der Zwischentransformatoren, wie Tabelle und Kurve b) zeigen; der Verlust ist hier nur bei den höheren Spannungen etwas niedriger als bei der neuen Schaltung d).

Es ist jetzt möglich, auch quantitativ in der oben angegebenen Weise zu zeigen, daß bei der neuen Transformatoranordnung kein Glimmverlust mehr entsteht (und daher Durchschläge infolge

Digitized by Google

Glimmens nicht zu erwarten sind). Der Unterschied zwischen der Anordnung b) und der Anordnung d) ist nur der, daß in d), die seitlichen Sekundärspulen hinzukommen und natürlich auch dementsprechend die sekundäre Effektivspannung steigt. Dadurch kann der Wattbetrag in zweifacher Weise gesteigert werden, einmal muß er sich steigern durch den Verlust der „Ladeströme" im seitlichen Induktor, wenn man die beiden Flügel, die zusammen so viel Sekundärspannung liefern, wie der mittlere — zur Vereinfachung so bezeichnet —, ferner kann er sich darüber hinaus steigern durch Glimmverluste in ihm. Die Verluste bei der „Ladung" des seitlichen Transformators bestehen einmal darin, daß dessen Primärspule zur Sekundärspule auf ungefähr die gleiche mittlere Potentialdifferenz gebracht wird, wie das bei dem mittleren Induktor der Fall ist, und ferner in der Ladung und den dielektrischen Verlustströmen der Sekundärspule, ebenfalls wie bei dem mittleren Transformator. Dieser Zuwachs ist aber zu verkleinern um den Betrag, den bei der Schaltung b) die ihrer Sekundärspule entledigte Primäre des Außentransformators ja ebenfalls erhielt. Der mittlere Potentialabstand in beiden Fällen ist ungefähr gleich. Infolgedessen muß der Zuwachs kleiner sein als die Wattbeträge der a-Reihe, und zwar besonders im Anfang. Später, bei höheren Spannungen, kommt die Ladung der sekundären Spule dadurch mehr zur Geltung, daß die außenliegenden sekundären Windungen von größtem Durchmesser immer erheblichere Potentialdifferenzen zu der äußeren, von der Luft berührten Oberfläche des Vergußkörpers erhalten. Diese Potentialdifferenz ist zweimal so hoch und wächst zweimal so schnell als die Potentialdifferenz der Primärspule zur Erde. Deswegen muß der Wattzuwachs mit der Spannung steigen, insbesondere durch die höheren dielektrischen Verluste, und von der Größenordnung der Verluste der a-Reihe sein.

Der Verlustzuwachs beim Übergang der Schaltung b) auf Schaltung d): $(V_d - V_b)$ muß im Anfang sehr klein sein, je mehr aber die Außenladung der Sekundärspule steigt, desto deutlicher wird er sich V_a nähern.

Werden mit dieser Bedingung

$$(V_d - V_b) \doteq V_a$$

die verschiedenen Spannungslagen durchgeprüft, ergibt sich eine gute Übereinstimmung, so gut wie sie sich bei den drei Ablesungs-

Digitized by Google

reihen, die längere Zeit in Anspruch nahmen und durch fortwährende kleine Netzschwankungen beeinträchtigt sind, erwarten ließ. Beim Eintritt des Glimmens könnte es offenbar nicht der Fall sein. Jedenfalls ist der quantitative Nachweis für die Wirksamkeit der Schaltung damit gebracht: Es sind bis zu der erreichbaren Sekundärspannung von $(3{,}53 \cdot 36)\,\mathrm{kV} = 127\,\mathrm{kV}$ eff. (etwa 175 kV maximal) keine Verluste der übermäßigen dielektrischen Beanspruchung mehr nachweisbar.

Endlich mag noch gesagt sein, daß diese Betrachtung wohl das Wegbleiben des Glimmens zeigt, aber nichts über das Verhältnis der wirklichen Ladungsenergien aussagt, weil die Hilfsspannung der über die mittlere Primäre gelegten Spule mit den Verlustströmen der drei Sekundärspulen die Ausschläge bildete. In Wirklichkeit ist die Spannung in den Flügeltransformatoren im Mittel doppelt so hoch, wie in der Mitte. Die Konsequenz dieser Tatsache kommt später zum Ausdruck.

(Was die Meßgenauigkeit dieser Untersuchung anlangt, so kann der Fehler in der P_2-Angabe 5 Proz. betragen; zwar ist die Ablesung in den höheren Werten viel genauer und beträgt $^1/_4$ eines kleinen Intervalls, also $^1/_{40}$ eines großen, d. i. etwa $2^1/_2$ Proz. bzw. $^{9000}/_{40} = 250$ Volt. Aber die Methode der Spannungsaddition und die Schwierigkeit, dieses Instrument exakt zu eichen, zwingt zur Vorsicht in der Beurteilung. In der Spiegelablesung der Wattskala war die erste Dezimalstelle gut ablesbar. Da es sich hier aber nicht um die exakte Bestimmung von Größen ihren Werten nach, sondern um den Vergleich von ganzen Wertreihen handelt, wobei sich Plus- und Minusabweichungen an einzelnen korrespondierenden Stellen durch entgegengesetzte Differenzen an anderen Stellen zum Teil berichtigen, so ist das Resultat dieses Teiles der Untersuchung hinreichend zuverlässig.)

b) Leerlaufströme im Sekundärkreise eines Transformatorsystems.

Die Leerlaufströme einer Sekundärspule setzen sich aus mehreren Komponenten zusammen, die in ihren Phasen stark voneinander abweichen müssen. In den Wattverlust des Leerlaufstromes gehen diejenigen Teilbeträge ein, die mit der Spannung phasengleich sind.

Digitized by Google

Die im vorangegangenen Abschnitte durchgeführte Untersuchung enthält in der gemessenen Wattzahl die phasengleichen Komponenten der Ströme. Aber die gemessene Größe ist nicht etwa der Leerlaufverlust in der Sekundärspule, ja, sie ist ihm nicht einmal proportional, denn sie bezieht sich auf eine Spannung, die bei jedem Magnetisierungsstrom der sekundären Effektivspannung, aber auch jedem Teil davon proportional ist. Die Ströme fließen aber in Wirklichkeit nicht unter einer Spannung, sondern unter verschiedenen Spannungen, und zwar die dielektrischen Verlustströme (Ladeströme) unter Spannungen von 0 bis zum Maximum der Effektivspannung, die Glimmströme unter Spannungen von einem Minimum (Glimm-Einsatzspannung) bis zu dem Maximum der Effektivspannung.

Deshalb konnte aus den vorangegangenen Messungen der Wegfall der Glimmverluste quantitativ bewiesen werden, dagegen ist ein Schluß auf den tatsächlichen Wattbetrag der Verluste unmöglich. Um diesen zu bestimmen, ist es vielmehr nötig, die Verluststromstärke selbst zu kennen, die von der Mitte der Sekundärspule, an der wir das Meßinstrument anschließen, zur Speisung der dielektrischen Verluste und Glimmstromfäden symmetrisch nach beiden Seiten bei verschiedenen Spannungen abfließt.

Mißt man außerdem den Wert der gesamten Stromstärke selbst (im Gegensatz zur Verluststromstärke, die mit der Spannung gleichphasig ist) bei verschiedenen Spannungen, so läßt sich aus dem Vergleich beider der Kosinus des Phasenverschiebungswinkels und dieser selbst berechnen. Tatsächlich gelingt es, wie im nächsten Abschnitt gezeigt wird, eine hinreichend genaue Bestimmung der Verlustströme selbst vorzunehmen.

Messung der Leerlaufströme.

In der oben schon angedeuteten Weise wurde das Instrument von HARTMANN und BRAUN jetzt als Milliamperemeter geschaltet, und zwar zeigte sich seine Empfindlichkeit als zu groß, wenn die Spulen i und E benutzt werden. Auch mit der weniger empfindlichen Schaltung J und E mußten die höchsten Werte direkt abgelesen werden.

Im übrigen wurde die Schaltung unverändert gelassen, auch der Gang der Messung blieb im ganzen derselbe.

Digitized by Google

Die Tabellen zeigen den Gang des Leerlaufstromes, und zwar im Falle c), der gebräuchlichen Schaltung (Glimmschaltung), und im Falle d), der neuen Schaltung. In die Tabellen sind die Werte

Schaltung c) (Glimmschaltung).

P_1 (Volt)	J_1 (Ampere)	P_2 (kV)	$J_2(l)$ einer Seite (Milliampere)
54,0	3,0	31,2	0,78
66,0	4,0	39,0	0,9
68,0	4,15	42,9	0,92
93,0	5,3	56,55	1,17
101,0	6,0	62,4	1,25
108,0	6,3	65,3	1,36
122,0	7,0	74,1	1,6
128,0	7,2	78,0	1,66
154,0	9,0	91,65	1,98
170,0	9,9	100,62	2,2
188,0	10,8	110,0	2,48
196,0	11,2	118,17	2,7 [1]
206,4	11,75	119,73	2,9
216,0	12,2	125,97	3,1
222,0	12,6	131,04	3,35
232,0	13,25	139,23	3,7

Schaltung d) (neue Schaltung).

P_1 (Volt)	J_1 (Ampere)	P_2 (kV)	$J_2(l)$ einer Seite (Milliampere)
64,0	4,0	42,9	1,08
90,0	5,2	54,6	1,4
107,0	6,2	66,3	1,64
127,0	7,2	78,0	1,95
150,0	8,4	87,75	2,17
172,0	10,0	102,96	2,56
184,0	10,6	109,2	2,8 [1]
193,0	11,5	114,27	2,88
198,0	11,6	118,17	2,95
210,0	12,3	125,19	3,2
217,0	12,8	130,07	3,3
225,0	13,3	135,72	3,48

[1]) Direkte Ablesung.

Digitized by Google

des Stromes in Milliampere eingesetzt, wie sie sich aus der Eichung ergaben, ebenso sind die Werte der Sekundärspannung in kV eingesetzt. Die Eichung — dies sei nebenbei bemerkt — wurde in der gewöhnlichen Weise mit Gleichstrom mit einem Weston-Präzisionsmilliamperemeter vorgenommen, welches im Meßbereich bis 1 Milliampere in $^1/_{100}$ Milliampere, im anderen Meßbereich bis 10 Milliampere in $^1/_{10}$ Milliampere eingeteilt war. Jede Ablesung (mit Spiegel und Skala) konnte bis auf $^1/_5$ eines Skalenteiles genau vorgenommen werden.

Es ergibt sich, daß in beiden Fällen ein ganz erheblicher Strombetrag bei Leerlauf in dem Induktorsystem fließt, und zwar im Anfang bei geringerer Spannung eine größere Stromstärke bei der neuen Schaltung als bei der alten. Das ist aber selbstverständlich, denn bei der neuen Anordnung sind die Zwischenkreise mit den Sekundärspulen der Öltransformatoren auf Spannung gegen Erde gebracht und das muß eine Vermehrung der dielektrischen Stromaufnahme bringen. Bei höheren Spannungen wird dann die Wirkung des Glimmens so bemerkbar, daß schließlich die Stromstärke der gewöhnlichen Schaltung (c) die der neuen überholt. Diese erheblichen Stromstärken von 3 bis 4.10^{-3} Amp. gehen nun keineswegs in die Verluste ein, denn sie eilen als Ladeströme stark gegen die Spannungen vor. Um nun die Winkel dieser Verschiebung zu bekommen und die wirklichen Verlustströme für die verschiedenen Spannungen zu finden, wurden folgende Messungsreihen vorweggenommen.

Wie früher wurde unter Benutzung der Schaltung Fig. 8 eine Wattreihe aufgenommen, die zwischen dem phasengleichen Strom und einer Spannung aus der Hilfsspule zustande kam. Diese Spannung ist, da die Hilfsspule über die Länge des Eisenkernes gewickelt ist, proportional der Sekundärspannung im mittleren Induktor, aber auch proportional der gesamten Sekundärspannung des Aufbaues, der überall gleichen Eisenquerschnitt der Übersetzungstransformatoren aufweist. Wird nun gleichzeitig die Hilfsspannung und die Sekundärspannung gemessen, so kann die zu jeder Höhe der Sekundärspannung gehörige Arbeitskomponente des Stromes einfach durch Division der Wattzahl durch die Hilfsspannung berechnet werden. Auf diese Weise werden die Arbeitskomponenten des Stromes in der Mitte der Sekundärspule bei einer gegebenen Effektivspannung gefunden. Daraus lassen sich durch

Digitized by Google

Vergleich mit den gemessenen Gesamtstärken bei gleichen Sekundärspannungen die Phasenwinkel φ und, wie später gezeigt wird die tatsächlichen Verluste ermitteln.

Die Messungsreihen wurden wie bisher vorgenommen. Zur Messung der Hilfsspannung diente ein Weston-Wechselstrom-

Fig. 13.

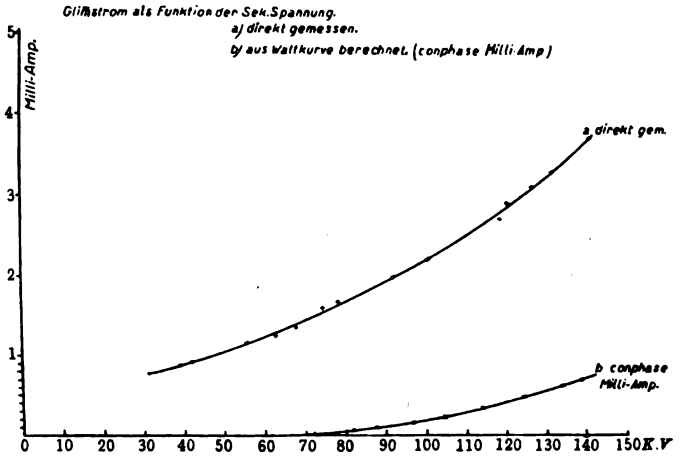
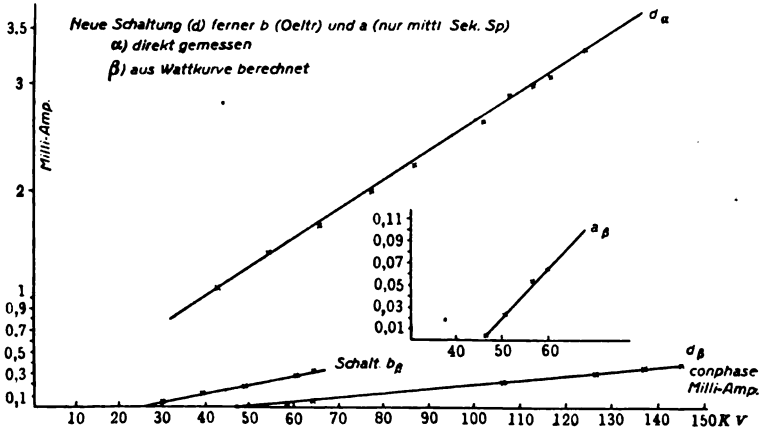


Fig. 14.



Präzisionsvoltmeter, das in den Anfangswerten (die hier weniger Bedeutung haben) auf etwa 3 Proz., in den höheren Werten auf 1 Proz. genau ablesbar war. Seine Eichung war, wie die aller verwendeten Instrumente des Instituts, mehrfach kontrolliert. Die

Digitized by Google

Tabelle a). Mittlerer Transformator.

P_1 (Volt)	P_h (Volt)	P_2 (kV)	Watt-Skalenteile	Milliwatt auf der Eichkurve	J_e conphas $\left(\frac{W}{P_h} = J_e \text{ in Milliamp.}\right)$
108,0	66,0	27,38	0,0	0,0	0,0
136,0	84,0	33,76	0,0	0,0	0,0
172,0	107,6	42,89	0,2	0,25	0,0024
188,0	119,4	46,54	0,4	0,5	0,0042
208,0	132,4	50,74	1,4	3,0	0,023
228,6	148,0	56,58	3,7	8,0	0,054
241,0	157,6	59,68	4,6	10,05	0,064

Tabelle b). Mittlerer Transformator mit Hilfstransformatoren.

P_1 (Volt)	P_h (Volt)	P_2 (kV)	Watt-Skalenteile	Milliwatt auf der Eichkurve	J_e conphas $\left(\frac{W}{P_h} = J_e \text{ in Milliamp.}\right)$
110,0	75,6	31,9	1,7	3,5	0,046
138,0	95,4	39,2	4,6	10,05	0,105
174,0	123,0	48,7	9,7	22,0	0,179
190,0	134,6	52,9	12,9	30,0	0,223
198,0	155,6	60,77	19,0	44,5	0,285
231,2	166,4	64,6	22,8	54,0	0,324

Wattablesung mit Spiegel und Fernrohr konnte auf $^1/_2$ mm, d. i. im Mittel 2 Prom. genau erfolgen. Die Eichung des Wattmeters ist mit 1 Proz. Genauigkeit anzunehmen. Der Wert des daraus berechneten Stromes in Milliampere hat eine Genauigkeit von 5 Proz.

Die Tabellen zeigen die Ergebnisse für die vier Schaltungen: Tabelle a) gibt den Leerlaufbetrag für den mittleren Induktor, Tabelle b) zeigt den um die Ladeströme der Hilfstransformatoren vermehrten Leerlaufstrom, Tabelle c) bezieht sich auf die Glimmschaltung, Tabelle d) auf die neue Anordnung.

In den beiden Kurventafeln, Fig. 13 und 14, ist der Gang der gesamten und der phasengleichen Stromstärken bei der Glimmschaltung und der neuen Schaltung aufgezeichnet. Ihre Betrachtung zeigt einen charakteristischen Unterschied. Bei der neuen

Digitized by Google

Tabelle c). Mittlerer Transformator mit äußeren Transformatoren. (Glimmschaltung.)

P_1 (Volt)	P_h (Volt)	P_2 (kV)	Watt-Skalenteile	Milliwatt auf der Eichkurve	J_e conphas $\left(\frac{W}{P_h} = J_e \text{ in Milliamp.}\right)$
70,0	49,0	48,75	0,0	0,0	0,0
104,0	72,0	66,3	0,4	0,5	0,007
113,0	78,0	72,15	1,0	2,0	0,0256
134,0	92,6	81,9	3,0	6,5	0,0715
144,0	100,0	87,75	4,4	10,0	0,1
160,0	112,0	96,72	8,0	18,5	0,165
177,0	123,0	104,52	13,0	30,0	0,244
192,0	134,8	113,88	20,0	47,0	0,348
212,0	149,6	124,02	30,5	72,0	0,481
226,0	161,0	133,77	42,0	99,0	0,614
233,0	166,4	138,45	48,0	113,0	0,68

Tabelle d). Mittlerer Transformator mit äußeren Transformatoren und Hilfstransformatoren. (Neue Schaltung.)

P_1 (Volt)	P_h (Volt)	P_2 (kV)	Watt-Skalenteile	Milliwatt auf der Eichkurve	J_e conphas $\left(\frac{W}{P_h} = J_e \text{ in Milliamp.}\right)$
74,0	50,2	46,8	0,0	0,0	0,0
88,0	60,0	54,6	0,7	1,0	0,016
73,0	64,2	58,5	1,0	1,9	0,03
106,0	74,0	64,35	2,0	4,3	0,058
121,0	86,0	74,1	3,5	7,7	0,09
134,0	94,4	81,9	5,0	13,7	0,145
143,0	102,0	88,92	6,4	17,0	0,167
159,0	114,0	97,5	8,9	20,0	0,175
175,4	126,0	106,47	11,5	26,5	0,21
193,0	138,4	116,22	15,0	35,0	0,253
210,0	152,0	126,75	19,5	46,0	0,3
226,0	164,0	137,28	24,5	57,5	0,35
236,0	172,0	145,86	27,5	64,7	0,376

Schaltung steigt der Strom direkt proportional der Sekundärspannung, bei der Glimmschaltung zeigt er einen davon stark abweichenden Verlauf. Die Proportionalität des Leerlaufstromes

Digitized by Google

mit der Spannung deutet darauf hin, daß es sich um reine „Ladeströme“ handelt, der viel steilere Verlauf des anderen Ganges deutet auf die Überlagerung durch Glimmströme hin.

4. Ermittelung der Leerlaufsverluste bei Glimmerscheinungen und bei deren Unterdrückung.

Der Leerlaufstrom, der von der Anzapfstelle zu dem Ende der Hälfte einer Sekundärwickelung hinausfließt, kann aus drei Komponenten bestehen, die zwei verschiedenen Gruppen angehören.

Zunächst wird es der eigentliche Ladestrom sein, der durch die Potentialdifferenzen hervorgerufen wird, die zwischen den Windungslagen, ferner zwischen Sekundärspule und Primärspule und endlich zwischen Sekundärspule und Außenraum bestehen. Dieser Strom wird stark gegen die Spannung voraneilen und wenig Energie beanspruchen. Auch ist er im allgemeinen unschädlich, denn seine Wärmewirkung ist zu gering, um gefährliche Temperatursteigerungen hervorzubringen. Die Stärke ist in der Mitte am größten und vermindert sich nach außen hin, weil in der Mitte die Summe aller Teilbeträge fließt.

Zu diesem Kapazitätsstrom treten die Verluste im Dielektrikum.

Diese Verluste im Dielektrikum verursachen hauptsächlich das Herabsinken des Phasenwinkels unter 90° mit steigender Spannung und das Auseinandergehen der b- und d-Kurven in Fig. 12.

Anders wird sich der Glimmstrom verhalten. Er ist gleichfalls in der Mitte am stärksten, denn hier ist gewissermaßen der Hauptkanal, von wo aus alle Glimmfäden wie Zweigkanälchen gespeist werden. In der Mitte fließt die Summe aller Teilströme. Die Phase der Glimmströme ist der Spannungsphase gleich, sie bringen insbesondere thermische zerstörende Wirkungen hervor.

Diese Erscheinung des Glimmens bringt aber auch noch eine dritte Stromkomponente hervor. Durch das Glimmen wird die Kapazität der Teile erhöht, zwischen denen es stattfindet. Das ist bei Freileitungen unter Umständen eine erhebliche Wirkung. bei den Röntgentransformatoren wird sie nur in Frage kommen, wenn die Luft des Primärrohres stark glimmt. Diese Komponente addiert sich zu den übrigen und sie wird bei Messungen in der Mitte mit erfaßt.

Digitized by Google

Die Spannungen, unter denen diese Ströme fließen, sind nun von Windung zu Windung verschieden, und zwar nehmen die „Ladeströme“ proportional der Spannung, damit in erster Annäherung proportional der Windungszahl und der Kapazität von der geerdeten Mitte bis zu den Enden des Systems zu. Dagegen wachsen die Glimmströme nach einer unbekannten Beziehung viel rascher als die Spannung.

Die Verlustenergie der Ladeströme ist darum leicht auszudrücken. Bezeichnet man mit di die kleinen Zunahmen, die der Ladestrom erfährt, wenn die Effektivspannung um dp etwa von Windung zu Windung zunimmt, so ist, da Proportionalität herrscht, das Differential der abhängigen Variablen bestimmt durch

$$di = k_1 dp,$$

der Proportionalitätsfaktor k_1 hängt von der Kapazität, dem Leitungsvermögen des Dielektrikums und der Wechselzahl des sinusförmigen Wechselstromes ab und ist eine sehr kleine Zahl, da nach Kilowatt zählende Spannungen nach Milliampere zählenden Stromstärken entsprechen; er kann für die verschiedenen Verhältnisse aus den Tabellen a, b, d oder aus Kurve 14 entnommen werden.

Der Verbrauch dieser Leerlaufkomponente ist für jeden Partialstrom di

$$d\mathfrak{E}_l = p\,di\cos\varphi = pk_1\,dp\cos\varphi,$$

wo p die zum Teilstrom di zugehörige Effektivspannung ist.

Der Leistungsfaktor $\cos\varphi$ ist eine sehr kleine Größe; daß er nicht gleich Null wird, stammt zum Teil daher, daß die Ladeströme entgegen dem Widerstande der Sekundärspule fließen, zum weit größeren Teil von den Verlusten im Dielektrikum selbst.

Bei der später dargestellten Bestimmung stellt sich $\cos\varphi$ als nicht vollständig konstant heraus, und zwar auch bei der Schaltung, die keinen Glimmverlust ergibt. Vielmehr nähert sich der Leistungsfaktor langsam einem Grenzwert, der bei der vorliegenden Anordnung bei etwa 0,11 liegt. Ganz anders natürlich beim Auftreten von Glimmströmen, wovon noch zu sprechen sein wird.

Wird der Einfachheit halber, so lange kein Glimmstrom auftritt, $\cos\varphi$ als konstant $= 0{,}11$ angenommen, also

$$\cos\varphi_k = k_2,$$

Digitized by Google

so ergibt sich der Ladeverbrauch insgesamt

$$\mathfrak{E}_l = k_1 k_2 \int_{p=0}^{p=max} p\,dp + C$$

bei einer gegebenen Periodenzahl und Kurve. p_{max} ist nicht der Scheitelwert, sondern $= V$, d. i. diejenige Effektivspannung, die an den Spulenenden herrscht, und das Ergebnis läßt sich schreiben, da $C = 0$:

$$\mathfrak{E}_l = k_1 k_2 \frac{V^2}{2} \quad \text{oder} \quad k_1 \cos\varphi_k \frac{V^2}{2}.$$

Die so berechneten Werte sind später benutzt, um den glimmfreien Wattverbrauch des Ladestromes bei verschiedenen Effektivspannungen zu ermitteln und mit den Glimmverlusten zu vergleichen.

Bei der zweiten Komponente des Leerlaufstromes, dem Glimmstrom, ist die Stromstärke eine unbekannte Funktion der Spannung mit der Eigentümlichkeit, daß ein Schwellenwert überschritten werden muß, bei dem die Erscheinung überhaupt erst einsetzt. Welcher Art die Abhängigkeit des Glimmstromes sein wird, darüber können kaum Wahrscheinlichkeitsannahmen gemacht werden. Bei genügender Spannung tritt Stoßionisierung ein, und es ist bei der verschiedenen Größe der Lufträume, der Trennschichten nicht zu übersehen, wie die Gesetzmäßigkeit verläuft. Der Glimmstrom ist also eine Funktion der die kritische oder Einsatzspannung, bei welcher er beginnt, übersteigenden Spannung. Es ergibt sich empirisch im nachfolgenden, daß der Verlust bei den vorliegenden Versuchen annähernd mit der vierten Potenz der Spannung wuchs.

Experimentelle Ermittelung.

In den schon erwähnten Kurven Fig. 13 u. 14 sind für die verschiedenen Werte (P_2) die zugehörigen Stromstärken des totalen (i_t) und conphasen (i_c) Leerlaufstromes ersichtlich, und zwar für die gewöhnliche und die neue Schaltung. Daraus läßt sich für beide Reihen $\cos\varphi$ und φ selbst ermitteln.

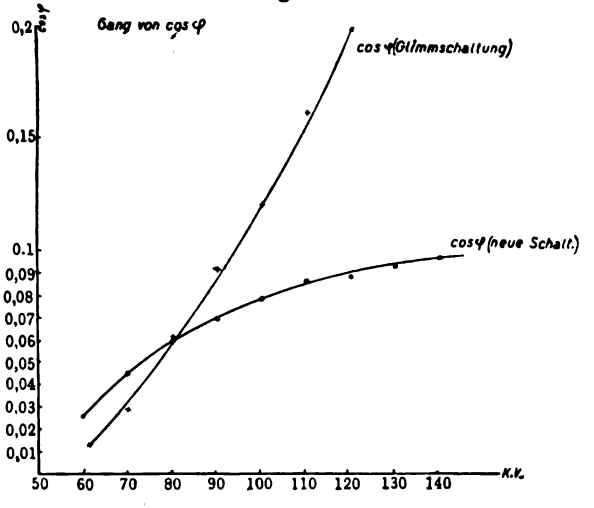
Es ergibt sich dann folgende Tabelle und Fig. 15, worin die Phasenwinkel auf zehn Minuten abgerundet sind.

Digitized by Google

P in kV	Glimmschaltung		Neue Schaltung	
	$\frac{i_c}{i_t} = \cos\varphi$	φ	$\frac{i_c}{i_t} = \cos\varphi$	φ
50	0	90°	0	90°
60	0,013	89°30′	0,0265	88°30′
70	0,029	88°20′	0,0452	87°30′
80	0,0616	86°30′	0,06	86°30′
90	0,0922	84°40′	0,0702	86°
100	0,121	83°	0,079	85°20′
110	0,162	80°40′	0,0857	85°
120	0,1985	79°	0,089	84°50′
130	—	—	0,094	84°40′
140	—	—	0,098	84°20′

Anfangs ist also hier der Leistungsfaktor bei der neuen Schaltung größer, und zwar aus dem mehrfach erwähnten Grunde.

Fig. 15.



Aber er nimmt mit steigender Spannung immer langsamer zu und scheint sich (wenn nicht doch noch die Glimmgrenze erreicht wird) einem konstanten Werte zu nähern, der bei der Versuchsanordnung etwa bei $\cos\varphi = 0{,}11$ liegt. Ganz anders verhält sich der Leistungsfaktor bei der Glimmschaltung, wo er von der kritischen Spannung an sehr rasch steigt. Leider konnte bei dieser

Digitized by Google

Anordnung der Stromanstieg beim Glimmen nicht mehr weiter verfolgt werden, denn bei 120 kV eff. waren die Erscheinungen des unvollkommenen Durchbruchs so stark, daß bei weiterer Erhöhung der Spannung vollkommener Durchbruch in Aussicht stand. Jedenfalls aber geht aus dem Gange der Kurven hervor, daß bei der neuen Schaltung ein Glimmverlust nicht eintritt.

Zur empirischen Bestimmung der tatsächlichen Leerlaufverluste führt folgende Überlegung, die für den Fall des Glimmens gilt. Bei Steigerung der Spannung tritt in einem gegebenen Augenblick die Glimmerscheinung ein. Sie wird in diesem Augenblick sich auf zwei kleine Stellen des Sekundärkreises beschränken, die an dessen beiden Enden liegen, weil dort die Spannung am höchsten ist. In diesem Augenblick geht ein Strom Δi_1 in Form von Glimmfäden über, den wir mit der Wattschaltung mit Hilfe einer Hilfsspannung (S. 188) als conphasen Strom messen können, und dieser Strom fließt bei der eben vorhandenen höchsten Spannung P_1, d. h. von den äußersten Spulen aus, so daß wir den Verlust $\mathfrak{V}_1$ bestimmen können durch

$$\mathfrak{V}_1 = P_1 \Delta_1.$$

Wird nun die Spannung um den Betrag ΔP auf

$$P_2 = P_1 + \Delta P$$

gesteigert, so steigt der Strom gleichfalls. Die Spannung P_1 herrscht jetzt an den vorletzten Windungen der Spule, dort geht auch der frühere Glimmstrom Δi_1 über. An den äußersten Windungen herrscht die Spannung P_2 und geht ein neuer Glimmstrom über. Der Wert dieses neuen Stromelementes ist aber offenbar gleich dem jetzt in der Mitte aus der Wattzahl zu bestimmenden i_2, vermindert um den vorher gemessenen. Also $\Delta i_2 = i_2 - \Delta i_1$. Die durch den Zuwachs der Sekundärspannung hervorgerufene Vermehrung des Verlustes ist also

$$\mathfrak{V}_2 = P_2 \Delta i_2 = P_2 (i_2 - \Delta i_1).$$

Die nächste Steigerung der Sekundärspannung bewirkt, daß abermals die vorherigen Maximalspannungen und die zugehörigen Glimmströme nach innen rücken und außen bei der neuen Spannung P_3 ein Glimmstrom Δi_2 übergeht, der gegeben ist durch die in der Mitte gemessene Stromstärke i_2, abzüglich der

Digitized by Google

vorher gemessenen i_2. Daraus ergibt sich der Verlust bei der neuen Maximalspannung als

$$\mathfrak{V}_3 = P_3 \Delta i_3 = P_3 (i_3 - i_2)$$

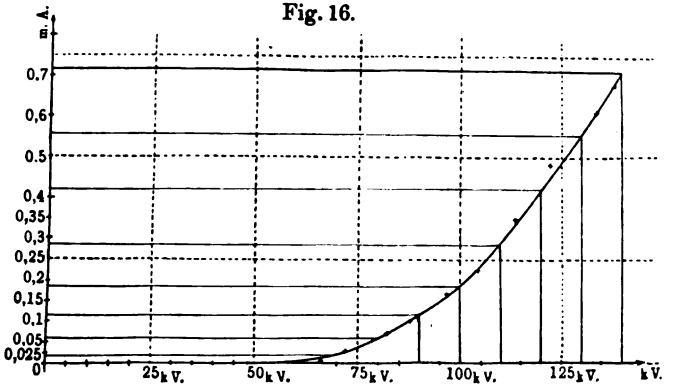
usw., bis endlich

$$\mathfrak{V}_n = P_n \Delta i_n = P_n (i_n - i_{n-1}).$$

Die Summe dieser Teilverluste ergibt den Gesamtverlust.

Die Berechnung läßt sich am einfachsten und mit hinreichender Genauigkeit graphisch vornehmen. In Fig. 16 ist die Kurve des conphasen Glimmstromes aus Fig. 13 in vergrößertem Maßstabe wiedergegeben. Die Abszissenachse stellt die effektive Sekundärspannung, die Ordinatenachse den Strom dar. Nach der

Fig. 16.



Graphische Ermittelung der Glimmverluste.

angestellten Überlegung entspricht die Fläche, welche zwischen der Kurve und der zugehörigen Ordinate eingeschlossen wird, dem Wattverbrauche beim Glimmen der Anlage. Außerdem entsprechen die einzelnen so begrenzten Flächenstücke, die zu einem Teile der Effektivspannung gehören, demjenigen Verluste, der in einem Teile des Transformatorensystems entsteht. In der umstehenden Tabelle sind die ermittelten Werte zusammengestellt.

Während also bei der gewöhnlichen Schaltung der Anordnung der Leerlauf bei einer Effektivspannung von 140 kV 80 Watt überschreitet, läßt sich ersehen, daß dieser Verbrauch sehr ungleichmäßig in den einzelnen Teilen des Transformators stattfindet.

Digitized by Google

Effektivspannung in kV im Transformatorteile	Verluste der Glimmschaltung (C) in Watt	
	Im Teile des Transformators	Zusammen
von 0 bis 70	1,3	1,3
„ 70 „ 80	3,1	4,4
„ 80 „ 90	4,7	9,1
„ 90 „ 100	6,7	15,8
„ 100 „ 110	10,7	26,5
„ 110 „ 120	15,6	42,1
„ 120 „ 130	16,9	59
„ 130 „ 140	21,7	80,7

In den inneren Gliedern des Transformators ist er verschwindend klein. Liefert der Transformator insgesamt 140 kV, so entsteht die Hälfte des Gesamtverlustes in den äußersten Flügeln, zwischen den Teilen, in denen eine Spannung von etwa 120 bis 140 kV besteht. Wird der geringe Spannungsverlust vernachlässigt, so entspricht das einem Windungsteil, der $^2/_{14}$, also rund $^1/_7$ der gesamten Sekundärwindungen umfaßt, oder, von jeder Seite des Transformators ist $^1/_{14}$ der Windungen besonders bedroht.

Die Verluste der glimmfreien d-Schaltung lassen sich aus der oben abgeleiteten Gleichung und den ermittelten conphasen Stromwerten errechnen. Der „Ladeverlust“ betrug:

$$\mathfrak{E}_l = k_1 \cos\varphi \frac{V^2}{2},$$

wobei unter V die Effektivspannung zu verstehen ist, und zwar die der ganzen Spule oder, wenn der Wert für einen Transformatorteil ermittelt werden soll, der äußerste Wert der Effektivspannung in diesem Teile.

Die Größe $k_1 \cos\varphi V$ entspricht dem jeweils gemessenen conphasen Strome i_c. Der „Ladeverlust“ für jede Spannung ergibt sich also als

$$\mathfrak{E}_l = \tfrac{1}{2} i_c V.$$

Das ergibt folgende Werte für die neue Schaltung d, denen die der gewöhnlichen Glimmschaltung (c) nochmal gegenübergestellt sind:

Digitized by Google

Effektivspannung in kV	Verlust der neuen Schaltung in Watt	Verlust der Glimmschaltung
100	9,75	15,8
110	12,93	26,5
120	15,50	42,1
130	20,28	59
140	24,5	80,7

In den Wattbeträgen der letzten Kolonne sind außer den Glimmverlusten noch „Ladeverluste" enthalten. Um die Glimmverluste zu isolieren, sind die „Ladeströme" zu ermitteln. Die Ladeströme sind bei der neuen Schaltung allein vorhanden, aber größer als bei der Glimmschaltung, weil bei der neuen Schaltung die Öltransformatoren beansprucht sind. Die Leitungsverluste in den Öltransformatoren sind also von den d-Verlusten abzuziehen, um die „Ladeverluste" der C-Schaltung zu erhalten. Diese Leitungsverluste im Öl sind die Differenz zwischen den Verlusten der Schaltung b und denen der Schaltung a. Der reine Glimmverlust $\mathfrak{E}'_g$ ergibt sich

$$\mathfrak{E}'_g = \mathfrak{E}_c - (\mathfrak{E}_d - \mathfrak{E}_{\text{Öl}}) = \mathfrak{E}_c - [\mathfrak{E}_d - (\mathfrak{E}_b - \mathfrak{E}_a)],$$

wobei die Indizes d, b, a die betreffenden Schaltungen bezeichnen.

Diese etwas umständliche Ermittelung läßt sich mit Hilfe der Kurven Fig. 14 durchführen. Es ergibt sich der conphase Leerlaufstrom in den Öltransformatoren für die Gesamtspannungen 50, 60 und 70 kV, an welche sie angeschlossen sind zu 0,18 bzw. 0,24 bzw. 0,3 mA. Der Verlust durch die Leitfähigkeit des Öles ergibt sich daraus nach der obigen Beziehung $\mathfrak{E} = \frac{1}{2} i_c V$ zu 4,5 bzw. 7,2 bzw. 10,5 Watt. Diese Beträge sind von den Verlusten der neuen Schaltung bei den korrespondierenden Spannungen 100 bzw. 120 bzw. 140 kV abzusetzen. Der Rest entspricht dem Ladeverlust, der auch bei der Glimmschaltung auftritt und um welchen der Verlust $\mathfrak{E}_c$ der gewöhnlichen Schaltung zu verkleinern ist, um die reinen Glimmverluste zu erhalten. In der nachfolgenden Tabelle sind die korrespondierenden Werte noch einmal zusammengestellt.

Die Beträge des reinen Glimmverlustes bei 120 und mehr kV müssen bei Betrieb von einiger Dauer ohne weiteres die Zerstörung der Apparate herbeiführen.

Digitized by Google

kV	$\mathfrak{E}_d$ (Verlust der neuen Schaltung) Watt	$\mathfrak{E}_c$ (Verlust der Glimmschaltung) Watt	$\mathfrak{E}_{Öl}$ (Leitungsverlust der Öltransformatoren) Watt	$\mathfrak{E}'_g$ (Reiner Glimmverlust) Watt
100	9,75	15,8	4,5	10,55
120	15,50	42,1	7,2	33,8
140	24,5	80,7	10,5	66,7

Wie überaus rasch der Verlust der Glimmschaltung bei einem derartigen Transformator mit der Spannung wächst, ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

kV	$\left(\frac{P_{kV}}{100}\right)^4 \cdot 16$	$\left(\frac{P_{kV}}{100}\right)^5 \cdot 16$	Verlust der Glimmschaltung	Reiner Glimmverlust
100	16	16	15,8	10,55
120	33,2	40	42,1	33,8
140	61,44	86	80,7	66,7

In erster Annäherung stieg also der reine Glimmverlust bei dem Versuche mit der vierten Potenz der Spannung, der Gesamtverlust der Glimmschaltung sogar mit der fünften.

Eine klare einfache Gesetzmäßigkeit ist aber für die Anordnung nicht zu erwarten, da zu viele und nicht übersehbare Umstände mitspielen. Das Glimmen schreitet von Stelle zu Stelle fort; an jeder Stelle ist aber, wie die Fig. 2 ergibt, die dielektrische Schicht, damit die Glimmschwelle, anders beschaffen, wie an jeder anderen Stelle. Außerdem kommen Zufälligkeiten, größere oder kleinere Lufteinschließungen in Frage. Es wird also vorerst die oben erwähnte empirische Bestimmung hier sicherer als die Rechnung zum Ziele führen.

Kontrollversuche.

Bei den sämtlichen Versuchen sind die Stromstärken des Leerlaufes in der Mitte der gesamten Sekundärwickelung gemessen worden. Die Leerlaufströme, die durch das Instrument fließen, sind die Summenströme einer Seite. Sie werden zum kleineren Teil in der durchflossenen Hälfte des mittleren Transformators selbst verbraucht, zum weitaus größeren Teile in der Sekundär-

Digitized by Google

spule des Flankentransformators, in dem viel höhere Spannungen wirksam sind. Zur Kontrolle sollten nun die Leerlaufströme der mittleren und der äußeren Sekundärspulen getrennt gemessen und die Summe mit den früher erhaltenen Werten verglichen werden.

Die Ströme im mittleren und seitlichen Transformator können je nach der Schaltung nicht in ganz gleichem Phasenverhältnis zu der Spannung stehen. Überwiegt — das ist bei der neuen Schaltung der Fall — der „Ladestrom" erheblich, so ist in beiden sekundären Spulen der Phasenwinkel ungefähr gleich und von 90° nicht allzu verschieden. Die Ströme, die in der mittleren und äußeren Sekundären fließen, müssen sich dann arithmetrisch addieren. Anders aber, wenn die gewöhnliche Schaltung angewendet wird. Dann treten bei allmählicher Steigerung der Spannung im äußeren Induktor die Erscheinungen des unvollkommenen Durchbruchs in steigendem Maße auf.

Das bedeutet eine, wenn auch nicht große Stromkomponente im seitlichen Transformator, die gegen die Spannung nicht phasenverschoben ist. Der Strom in ihm wird also eine kleine Phasendifferenz zu dem einzeln gemessenen Strome in der mittleren Sekundären erleiden, wird sich nicht mehr ganz arithmetrisch addieren und der in der Mitte gemessene Gesamtstrom wird um einen geringen Betrag kleiner sein, als die Summe der Ströme in den beiden Sekundären.

Ergibt sich dies in der Tat, so bildet das Ergebnis eine Bestätigung für die vorangegangenen Resultate und Schlußfolgerungen. Deshalb war es immerhin interessant, diese Versuche noch anzuschließen.

Dazu war es nötig, das Milliamperemeter zwischen die zwei Sekundärspulen zu schalten. Um es statisch zu schützen, wurde es auf eine Metallplatte gestellt und ein Käfig darüber gebaut, der aus einem engmaschigen Metallnetze mit beweglichen Gliedern bestand. Dieser so gebildete Käfig wurde mit den Metallteilen des Meßinstrumentes verbunden und an die Zuleitung angeschlossen.

In zwei Messungsreihen wurde die Milliamperezahl bestimmt, die durch das Instrument von der mittleren Sekundären zur äußeren floß, und zwar einmal mit Schaltung *c* (Glimmschaltung) und einmal mit Schaltung *d* (neue Schaltung). Die Stromstärken

Digitized by Google

wurden auf die Klemmspannung der Primärspulen bezogen, um ein Vergleichsmaß für die übrigen Messungen zu haben.

Sodann wurde das Milliamperemeter wieder in die Mitte der zentralen Sekundärspule gelegt, die Verbindung der Sekundärspulen untereinander wurde unterbrochen und so der sekundäre Leerlaufstrom des mittleren Transformators allein gemessen, wobei die Stromstärken wiederum in ihrer Abhängigkeit zur primären Klemmspannung der drei Primären abgelesen wurden.

Addiert geben diese Meßreihen einmal den Leerlaufstrom der mittleren Sekundären (i_m), zuzüglich dem Glimmleerlaufstrom der äußeren (i_g), das andere Mal zuzüglich dem „Ladeleerlauf" (i_c). Früher ist (S. 187: „Messung der Leerlaufströme") der Gesamtstrom in der Mitte für Schaltung c (J_c) und Schaltung d (J_d) aufgenommen und dabei zugleich die Primärspannung über den Primärspulen angegeben worden. Es muß sich nun ergeben:

$$i_m + i_g \geqq J_c.$$

Ferner

$$i_m + i_l \doteq J_d.$$

Natürlich gelten diese Beziehungen nur, solange im mittleren Transformator nicht etwa selbst Glimmströme auftreten.

Das Ergebnis wurde in Kurven eingetragen. Addiert man nun von 10 zu 10 Volt, so ergibt sich aus den Kurven folgende Tabelle:

P_1	i_m	i_g	i_c	$i_m + i_g$	$\geqq J_c$	$i_m + i_c$	$\doteq J_d$
90	0,49	0,89	0,92	1,38	1,12	1,41	1,40
100	0,51	0,96	1,0	1,47	1,24	1,51	1,54
110	0,54	1,06	1,1	1,60	1,38	1,64	1,68
120	0,56	1,14	1,22	1,70	1,54	1,78	1,82
130	0,58	1,25	1,32	1,83	1,68	1,9	1,95
140	0,6	1,35	1,43	1,95	1,81	2,03	2,08
150	0,63	1,43	1,55	2,06	1,94	2,18	2,24
160	0,68	1,52	1,66	2,2	2,06	2,34	2,37
170	0,73	1,62	1,79	2,35	2,20	2,52	2,54
180	0,8	1,76	1,93	2,56	2,38	2,73	2,70

Die Stromsummen der neuen Schaltung sind mit guter Übereinstimmung gleich den Gesamtströmen. Die Stromsummen der Glimmströme sind etwas größer als die Gesamtströme.

Digitized by Google

Die einzeln und direkt gemessenen Stromstärken der mittleren und der seitlichen Sekundären bestätigen also die Richtigkeit der vorher angewendeten Methoden zur Ermittelung des gesamten und conphasen Leerlaufstromes und des Verlustes bei dem gewöhnlichen und dem neuen System und seiner Abhängigkeit von der Spannung.

5. Methode zur Untersuchung von Hochspannungstransformatoren auf durchbruchsgefährdete Stellen.

Auf diesen Ergebnissen läßt sich eine einfache Methode aufbauen, um zu konstatieren, ob im Inneren eines Hochspannungstransformators Verluste durch unvollkommene Durchbrüche vorhanden sind. Zu diesem Zwecke ist es nur nötig, daß die Sekundärspule an einer herausgeführten Stelle unterbrochen werden kann. Diese Stelle wird geerdet und die Unterbrechung durch ein hinreichend empfindliches Milliamperemeter geschlossen. Der Leerlaufstrom, aufgenommen in Abhängigkeit von der Spannung, kann nur dann einen geradlinigen Verlauf haben, wenn der Leerlauf sich auf „Ladeströme“ beschränkt. Unsichtbare Stellen, die überansprucht sind und an denen Glimm- oder Gleiterscheinungen auftreten, müssen sofort zu Abweichungen nach oben Veranlassung geben. Die Methode ist empfindlich bei Benutzung geeigneter Instrumente, da ja auch die Ladeströme nach Milliampere zu zählen pflegen. Zeigt das Instrument z. B. auf 2 Proz. genau, so müssen verborgene Durchbruchsverluste noch auffindbar sein, die etwas mehr als 2 Proz. der Ladeströme betragen; ihre Erkennung wird um so leichter, je höher mit der Spannung hinaufgegangen wird.

Auf diese Weise wurde ein Versuchs-Röntgentransformator neuerer Bauart geprüft. Er hatte einen besonderen Aufbau erfahren und eine besondere Gliederung, die ihn widerstandsfähig machen sollte. Bei seiner Prüfung war bei einer Spannung von 60 und 80 kV äußerlich noch nichts zu merken, wohl aber zeigte der Leerlaufstrom ein deutliches Abweichen nach oben. Man braucht einen solchen Transformator nicht erst in Betrieb zu nehmen und Erfahrungen abzuwarten, sondern kann nach einer einzigen Meßreihe sagen, ob er halten wird oder nicht, und dadurch können Zeitverluste, Überraschungen und Geld gespart werden.

Digitized by Google

II. Teil.

Anwendung des neuen Hochspannungstransformators zur Erzeugung durchdringungsfähiger Röntgenstrahlen.

1. Die bisher gefundene härteste Röntgenstrahlung. — 2. Die Hochspannungsanlage. — 3. Neue Methode zur Messung des Absorptionskoeffizienten. Aufladevorrichtung. — 4. Gang einer Messung und Bestimmung des Absorptionskoeffizienten. Kontrolle der Elektroskope. — 5. Ergebnisse und Diskussion.

1. Die bisher gefundene härteste Röntgenstrahlung.

Die Frequenz der Röntgenstrahlung wächst, wie die Erfahrung lehrt, mit der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, also mit der Höhe der an die Elektroden der Röntgenröhre angelegten Spannung. Eine theoretische, von EINSTEIN aufgestellte Beziehung

$$e.V = h\nu,$$

wo e das Elementarquantum der Elektrizität, V die Spannung, h das PLANCKsche Einheitsquantum und ν die Frequenz bedeutet, wurde von DUAN und HUNT[1]) und von HULL[2]) nachgeprüft und für Spannungen bis zu 110000 Volt auch bestätigt. Dagegen wurde von RUTHERFORD, BARNES und RICHARDSON[3]) in einer ausführlichen Arbeit über die höchste Frequenz von X-Strahlen bei der Coolidgeröhre die Gültigkeit dieses Zusammenhanges bei höheren Spannungen auf Grund der Absorptionsmessungen verneint und an seine Stelle eine neue Beziehung gesetzt, wonach

$$h.\nu = e.V - c.(e.V)^2$$

ist. Tatsächlich führen die Absorptionsmessungen von RUTHERFORD, BARNES und RICHARDSON zu dem Resultat, daß die von ihnen für eine bestimmte an die Röhrenpole angelegte Spannung gefundene Absorption der Röntgenstrahlen in Al Frequenzen entspricht, die weit unter denjenigen liegen, welche die EINSTEINsche Beziehung fordert. So z. B. entspricht nach den genannten Autoren eine Spannung von 175000 Volt an den Klemmen der

[1]) Amer. Phys. Soc., April 1915.
[2]) Ebenda, November 1915.
[3]) Phil. Mag. (6) **30**, 339, September 1915.

Digitized by Google

Coolidgeröhre einem Absorptionskoeffizienten von 0,39 cm^{-1} in Aluminium und einer daraus berechneten Wellenlänge von $1{,}72 \cdot 10^{-9}$ cm, während nach der EINSTEINschen Beziehung die Wellenlänge $0{,}71 \cdot 10^{-9}$ cm und der Absorptionskoeffizient in Aluminium 0,041 cm^{-1} betragen müßten.

Die soeben genannte Absorption in Aluminium und die daraus berechnete Wellenlänge entspricht der härtesten Strahlung, welche die drei Autoren erregen konnten. Diese Strahlung entstand bereits bei 145000 Volt, und sie wurde bei Steigerung der Spannung auf 175000 Volt nicht härter. Die Verfasser neigen zu der Ansicht, daß die Frequenz der Strahlung einer Coolidgeröhre mit Wolframantikathode eine natürliche Grenze erreiche, und zwar dadurch, daß die Frequenz der charakteristischen k-Strahlung der Wolfram-Antikathode erreicht wurde, und erwarten, daß vom Wolfram eine durchdringungsfähigere Strahlung erst bei einer Spannung von 1000000 Volt ausgesandt werden könne.

Die von RUTHERFORD, BARNES und RICHARDSON bei 145 bis 175000 Volt erregte Röntgenstrahlung mit einem Absorptionskoeffizient von $\mu_{Al} = 0{,}39$ entspricht der härtesten Strahlung, welche bei den früheren vom Verfasser[1]) und WINAWER[2]) angestellten Versuchen zur Erregung der härtesten Röntgenstrahlung erreicht werden konnte. In der Arbeit von WINAWER betrug der äußerste Wert, der mit den höchsten Spannungen durch Absorptionsmessungen feststellbaren Härte auch 0,39 cm^{-1} Aluminium.

Bei den beiden Versuchsreihen, der älteren von WINAWER und der neueren von RUTHERFORD, BARNES und RICHARDSON, wurden Methoden zur Absorptionsmessung benutzt, wie sie ähnlich vielfach, insbesondere bei Untersuchung radioaktiver Substanzen, seit langer Zeit angewendet worden sind. Die englischen Autoren bedienten sich zur Erregung der Strahlen zumeist einer Elektrisiermaschine, die sehr geringe Stromstärken von der Größe $^1/_{100}$ bis $^6/_{100}$ Milliampere durch die Röhre lieferte. Bei weiteren Versuchen benutzten die Autoren einen großen Funkeninduktor. Gemessen wurde durch sukzessives Vorschalten immer stärkerer Filter so lange, bis die Absorption exponentiell erfolgte und also homogene Endstrahlung übrig geblieben war. Dabei ging

[1]) Phys. ZS. 15, 739—741, 1914.
[2]) Ebenda, S. 942—946, 1914.

Digitized by Google

die Intensität der Ionisation, die im Elektroskop bestimmt wurde, auf $^1/_{10\,000}$ der Anfangsintensität zurück. Die englischen Autoren maßen den Ionisationsstrom selbst, während bei der früheren Arbeit von WINAWER[1]) mit der Stoppuhr die Zeit bestimmt wurde, welche für den Rückgang des Elektrometerblättchens über ein bestimmtes, mit Fernrohr abgelesenes Intervall verstrich. Bei beiden Methoden ist immerhin zu bedenken, daß die aufeinanderfolgenden Messungen nur dann eine sichere Bestimmung des Absorptionskoeffizienten zulassen, wenn keine erheblichen Schwankungen im Betriebe in die gemessenen Werte mit eingehen. Das kann aber nur schwer ganz vermieden werden. Bei Anfangsmessungen mit dünnen Filtern und großen Intensitäten können kleine Schwankungen (durch Veränderung der Glühtemperatur der Kathode, durch Ausstrahlung hochgespannter Elektrizität, durch Schwankung des Betriebsstromes, durch eine Inkonstanz der Röhre, Veränderung der Hochspannungswiderstände durch Erwärmen, Veränderungen durch Ein- und Ausschalten der Röhre u. dgl.) unerheblich sein. Wenn aber die Intensitäten auf $^1/_{10\,000}$ des Anfangswertes zurückgegangen sind — und sie waren wenigstens bei der englischen Arbeit wegen der geringen verwendeten Stromstärke schon an und für sich klein — so könnten trotz Kontrollmaßnahmen die bei noch höheren Spannungen zu messenden Werte Bedenken in bezug auf Genauigkeit erregen, zumal wenn mit Funkeninduktor und Unterbrecher gearbeitet wird. Die englischen Autoren haben besondere Kontrollvorkehrungen gegen die Schwankungen getroffen und ihre Werte stimmen mit denen der vorliegenden Arbeit überein. Bei der WINAWERschen Arbeit wurde mit viel höheren Stromstärken ($^1/_{10}$ bis 1 Milliampere) gearbeitet. Er, wie viele Autoren vor ihm, maß „wie erwähnt" mit der Stoppuhr die Abfallszeit des Elektroskopblättchens über ein bestimmtes Intervall der Skala. Da bei den zur Bestimmung eines Wertes mindestens notwendigen zwei Messungen (mit und ohne Meßfilter) dasselbe Intervall benutzt wird, so ist der Gang des Elektroskops selbst unwichtig. Vielmehr kommt nur genaue Zeitmessung in Frage. Dagegen machen sich alle Schwankungen als Fehlerquellen bemerkbar, die aus den obenerwähnten Ursachen

[1]) l. c. Ferner RUTHERFORD, Radioaktive Substanzen, S. 56 ff. und 61 ff. Die Methode ist vielfach zur Messung radioaktiver Substanzen herangezogen worden.

Digitized by Google

die Betriebsverhältnisse der beiden Messungen erleiden. Bei den nachstehenden Untersuchungen sollte versucht werden, diese Fehlerquellen zu vermeiden.

Durch die im ersten Teile der Arbeit beschriebene neue Transformatorenanordnung war es möglich, mit verhältnismäßig einfachen Mitteln sehr hohe Spannungen und intensive Sekundärströme zu erzeugen.

Deswegen wurde der Versuch unternommen, zu prüfen, ob tatsächlich eine Coolidgeröhre mit Wolframantikathode keine härtere Strahlung als die obengenannte hervorzurufen vermag, eventuell, wie weit sich das Röntgenstrahlenspektrum nach der kurzwelligen Seite hin ausdehnen ließe. Nachfolgend sind Versuche bis zu 310000 Volt Maximalspannung beschrieben.

2. Die Hochspannungsanlage.

Zur Verwendung kam eine Hochspannungsanlage nach dem in Fig. 4 des ersten Teiles dargestellten Schema. Es wurden drei Übersetzungstransformatoren benutzt, von denen jeder 100000 Volt max. Sekundärspannung zu liefern in der Lage war, und diese drei Transformatoren wurden durch zwei Beanspruchungstransformatoren geschützt.

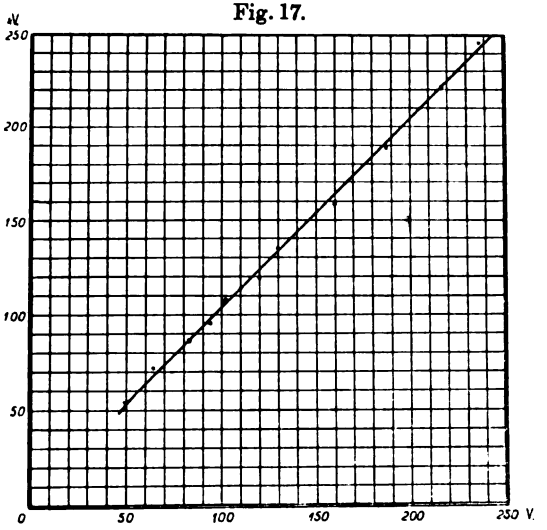
Eichung der Anlage auf Spannung.

Das im ersten Teile erwähnte Hochspannungsvoltmeter diente dazu, ganz ähnlich wie damals, sekundär die Teilspannungen in Abhängigkeit von der Primärspannung zu messen. Es wurde sodann mit dem gleichen Hochspannungsvoltmeter kontrolliert, ob bei Hintereinanderschaltung der sekundären Spulen die erzeugte Gesamtspannung der Summe der Teilspannungen entspräche, also ob die sekundären Spannungen sich geradlinig addierten. Dies war zu erwarten, da der Strom die Primärspulen in Serie durchlief, und es bestätigte sich auch. Auf diese Weise konnte ein Präzisionsvoltmeter, welches an den äußeren Klemmen der Primärspulen lag, als Spannungsanzeiger für die Sekundärspule geeicht werden. Es ergab sich die Eichkurve Fig. 17. Die Sekundärspannung nimmt also innerhalb des angewandten Intervalles proportional der Primärspannung zu. Die Ungenauigkeit der Angaben über die Sekundärspannung beträgt nach der Eich-

Digitized by Google

kurve 2 Proz. Hierzu kommt eine Vergrößerung durch die Eichung des Hochspannungsvoltmeters, dessen Ungenauigkeit, wenn keine Beeinflussung durch benachbarte geladene Körper stattfindet, mit etwa 3 Proz. angenommen werden kann. Endlich sind die Resultate der Messungen auf die Maximalspannungen bezogen. Die Maximalspannungen wurden gewonnen, indem die gemessenen Effektivspannungen mit 1,4 multipliziert wurden, was nur bei Sinuswellen streng gilt. Die Kurven der Wechselstromtransformatoren weichen nur unerheblich von der Sinusform ab. Insgesamt

Fig. 17.



können die Angaben über die Sekundärspannung als auf etwa 10 Proz. genau angesehen werden, und zwar dürften sie eher zu hoch als zu niedrig sein.

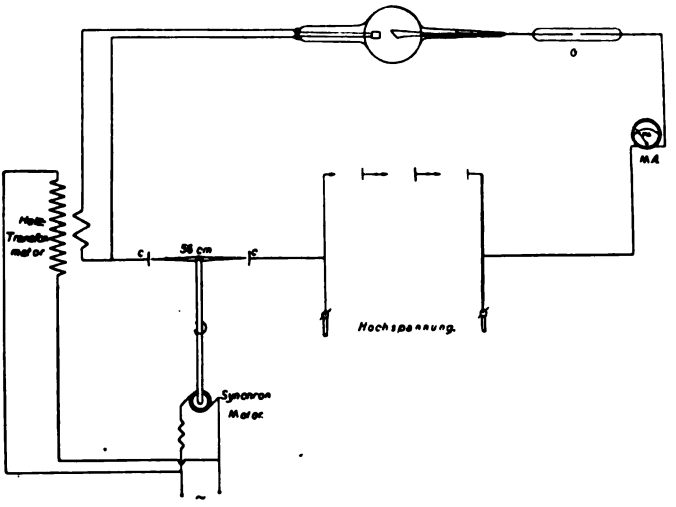
Der Wechselstrom, der bei einer Effektivspannung von 240 000 Volt beispielsweise über 60 bis 70 cm Luftstrecke zwischen zwei Spitzen frei überschlug, mußte zum Betriebe der Röntgenröhren gleichgerichtet werden. Zu diesem Zwecke wurde er durch einen synchron umlaufenden Nadelschalter geleitet. Fig. 18 zeigt das Schema der getroffenen Hochspannungsanordnung. Zur Schonung der Röhren waren die Kontaktbögen (*c* in der Figur), über welche der Betriebsstrom der Röntgenröhre geschlossen wurde, ziemlich kurz, so daß nicht die ganzen Wechselstromhalbwellen, sondern nur die höchsten Werte in die Röntgenröhre eintraten. Die Ein-

Digitized by Google

stellung und die Kontrolle der Gleichrichtung der Sekundärströme wurde mit der GEHRCKEschen Glimmlichtröhre vorgenommen.

Da die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft bzw. die Veifawerke, welche die Coolidgeröhren liefern, diese Röhren als sehr empfindlich für verkehrt gerichtete Spannungen bezeichneten, wurde der Versuch gemacht, die Spannung der umgekehrten Halbwellen zu reduzieren. Das geschah, indem diese durch polarisierte Funkentrecken geleitet wurden. Der verkehrte Impuls

Fig. 18.



fand einen verhältnismäßig kurzen Weg von den Spitzen der Funkenstrecken zu deren Scheiben, während der für die Röntgenröhre bestimmte Strom dieselbe Funkenstrecke jeweils von den Scheiben zu den Spitzen hin hätte passieren müssen. Es ist auch tatsächlich seit Anwendung dieser Funkenstrecke keine Coolidgeröhre mehr durchgeschlagen, während das vorher zweimal der Fall gewesen ist.

3. Neue Methode zur Messung des Absorptionskoeffizienten.

Bei den bisherigen Messungen des Absorptionskoeffizienten, wie sie bei Röntgenstrahlen stattgefunden haben, insbesondere auch in den genannten beiden vorhergegangenen Arbeiten, war

Digitized by Google

es notwendig, Schwankungen irgendwelcher Art sorgfältig zu vermeiden, oder, soweit sie unvermeidbar waren, und das sind sie zum großen Teil, die gefundenen Resultate nach Möglichkeit zu korrigieren. Es hat sich nun herausgestellt, daß bei dem Arbeiten mit sehr hohen Maximalspannungen, also etwa von 250000 Volt ab, die Schwankungen überhaupt nicht mehr beseitigt werden konnten. Allein die Erwärmung der Antikathode durch die aufprallenden Elektronen bringt Schwankungen von mehreren Prozent in wenigen Sekunden zustande. Auch der Glühfaden der Coolidgeröhre scheint in seiner Temperatur durch den Betrieb beeinflußt zu werden, so daß auch die konstante Heizstromquelle für die Coolidgeröhre eine gleichbleibende Milliamperezahl der Röntgenröhre nicht gewährleistet. Außerdem gibt es fortgesetzte Schwankungen des Netzes, die sich auf die Sekundärspannung übertragen und die bei diesen Versuchen bis zu 5 Proz. betrugen. Mißt man mit dünnen Filtern und großen Intensitäten, so machen diese Störungen sich nicht so sehr bemerkbar. Dagegen sind sie von großer Bedeutung bei sehr starken Filtern und geringeren Intensitäten. Die während einer Messung — die dann immerhin schon mehrere Minuten dauert — auftretenden Schwankungen lassen sich kaum alle berücksichtigen. Es erforderten die bisherigen Absorptionsmessungen aus diesen Gründen auch die Ablesung der sekundären Stromstärke und der sekundären Spannung neben der Ablesung des eigentlichen Meßinstrumentes, des Elektroskops oder dergleichen.

Infolgedessen wurde neben dem alten, von WINAWER l. c. beschriebenen, ein neues Verfahren angewendet, bei welchem die Schwankungen eliminiert werden.

Dieses Verfahren besteht darin, daß zwei Elektroskope zugleich zur Anwendung kommen (Fig. 19). Diese Elektroskope wurden mit ihren Mündungen der Antikathode der Röntgenröhre zugewendet [1]). Sie entsprechen im übrigen in ihren Einrichtungen dem in der Arbeit von WINAWER l. c. beschriebenen Modell. Diese Elektroskope sind allseitig geschlossen, so daß keine Luft eindringen kann. Die Mündung, durch welche die zu messende

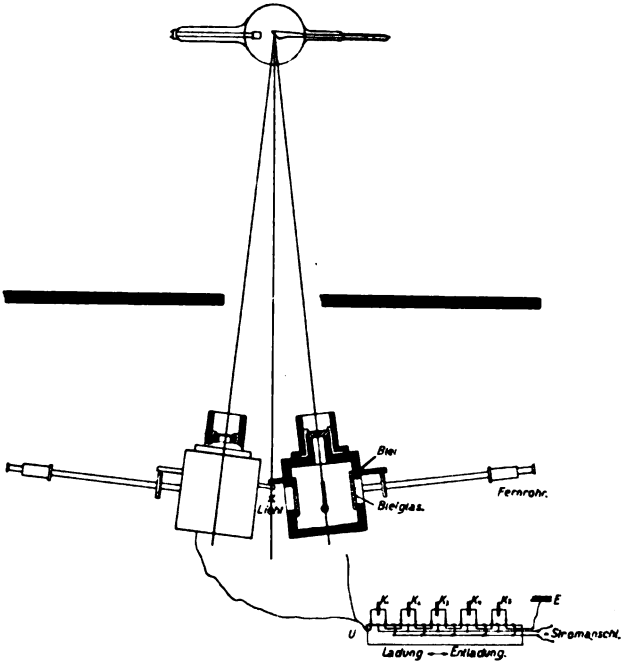
[1]) Denkt man sich eine Ebene durch den Fokus der Röhre und die Öffnungsmittelpunkte der Elektroskope, so verlief die Achse des Kathodenstrahlenbündels senkrecht dazu, also nicht wie in Fig. 19 angedeutet.

Digitized by Google

Strahlung eintritt, besitzt einen fest angebrachten Deckel von 2 mm Aluminium.

Die Elektroskope sind im Laufe der Zeit mehrfach verbessert worden. Ihre Wandstärke, die ursprünglich 6, dann 12 mm Blei betrug, wurde auf 25 mm Blei gesteigert, als sich herausgestellt hatte, daß die erregte harte Strahlung bei hohen Spannungen die Vorderwände erheblich durchdrang. Die endgültigen Messungen wurden mit zwei fast genau gleichen Elektroskopen ausgeführt,

Fig. 19.



die Würfelform besaßen, und zwar das eine von einem lichten Maße von $124 \times 110 \times 114$ mm, das andere von $123 \times 111 \times 114$ mm. Das Volumen der beiden war also praktisch gleich. Der Durchmesser der Einfallsöffnungen betrug 50 mm. Um Fugen zu vermeiden, waren die abnehmbaren Deckel der Elektroskope mit starker Überlappung an den Rändern versehen. Aus der Figur ist zu ersehen, daß, um seitliche Strahlung zu vermeiden, sehr starke Bleituben vor den Elektroskopöffnungen vorgesetzt waren, in welche die Filter eingelegt werden konnten. Für die Be-

Digitized by Google

leuchtung von Zeiger und Skala waren je zwei kleine Fenster angebracht, die sorgfältig mit dickem Bleiglas verschlossen wurden. Normal zum Strahlengang waren vor ihnen, wie die Figur zeigt, nochmals Bleischutzbleche angebracht. Die später erwähnten Kontrollversuche und Korrekturen ergaben, daß kein meßbarer Fehler durch etwa hier eindringende Strahlung entstand.

Die Skalen wurden mit Fernrohren abgelesen, und zwar erstreckte sich die Ablesung über 7 bis 20 Skalenteile. Ein Viertel eines Skalenteiles war noch genau ablesbar, der Ablesefehler war daher etwa 2 bis 4 Proz.

In die Mündungen der Elektroskope wurden die Meßfilter eingelegt. Sollte z. B. bestimmt werden, welchen Absorptionskoeffizient eine Strahlung nach Filtrierung durch 2 mm Blei in Aluminium hat, so erhielten beide Elektroskope das gleiche Vorfilter von 2 mm Blei, und das eine der beiden Elektroskope erhielt das Meßfilter aus Aluminium. Sodann wurden beide Elektroskope durch die Aufladevorrichtung mit einer Bewegung auf ungefähr gleiche Höhe aufgeladen. Die Anfangswerte der Elektroskopausschläge wurden für beide Elektroskope aufgezeichnet. Wurde die Röhre eingeschaltet, so erhielten beide Elektroskope gleichzeitig Strahlung, und alle Schwankungen der Erregung waren bei beiden in gleicher Weise wirksam. Nachher konnten bei ausgeschalteter Röhre die Endstellungen der Elektroskope abgelesen und eingetragen werden. Zur Kontrolle wurde nunmehr das Meßfilter in das andere Elektroskop gebracht und die Messung wiederholt. Jede Messung ergibt für sich ein Verhältnis der Intensitäten in beiden Elektroskopen. Nimmt man die Quadratwurzel aus den Produkten der beiden Verhältniszahlen als Mittelwert, so fallen Schwankungen der strahlenerregenden Apparatur heraus und ein Teil der Ungleichmäßigkeiten im Verhältnis des Ganges beider Elektroskope zueinander durch die Gleichung selbst, weil beide Elektroskope gleichzeitig bestrahlt wurden.

Abgesehen davon, daß es bei diesem Verfahren nicht nötig ist, die sekundäre Spannung oder die sekundäre Stromstärke während des Ganges einer Messung zu kontrollieren, hat man den Vorteil, daß die Ablesung in den Pausen, also nach Außerbetriebsetzung der Röntgenröhre, in aller Ruhe geschehen kann. Es wurde auch daran gedacht, einen naheliegenden Schritt weiter zu gehen und die Methode zu einer eigentlichen Differentialmethode

Digitized by Google

auszubauen mit Ionisationskammern. Jedoch konnte wegen der Schwierigkeit der Zeitverhältnisse die dazu nötige Apparatur nicht gebaut werden.

Es wurde mit großen Intensitäten in der Röhre gearbeitet. Sie erhielt 1 Milliampere sekundären Strom, und der Abstand der Elektroskopblättchen vom Fokus der Röhre betrug 113 cm. Die Dauer der Einschaltung der Röntgenröhre betrug zwischen $^1/_4$ Sekunde und 12 Minuten. Trotzdem reichte die Methode nicht ganz aus, als mit sehr hohen Spannungen gearbeitet wurde. Es erwies sich nämlich, daß die Bleiwände von 2,5 cm Dicke von der jetzt vorhandenen Röntgenstrahlung merkbar hindurchließen. Um dennoch brauchbare Werte zu erhalten, wurde folgendermaßen verfahren: Zunächst wurden die beiden Einfallsöffnungen der Elektroskope mit viel Blei zugestopft (3 cm) und dann die Entladung bestimmt, welche die Elektroskopblättchen bei eingeschalteter Röhre erleiden, weil Strahlung durch die Wände dringt. Dieser Verlust wurde für jedes Elektroskop für eine gegebene Spannung und Stromstärke in der Röhre bestimmt und nachher bei den Messungen berücksichtigt.

Mehrmals wurde auch kontrolliert, welchen Rückgang ohne Einwirkung der Strahlung die Elektroskope zeigten. Dieser sehr kleine Rückgang wurde bei langen Meßzeiten berücksichtigt.

Die beiden Fehlerquellen ergeben ungefähr folgende Werte:

1. Selbstentladung der Elektroskope ohne Bestrahlung in 10 Minuten durchschnittlich 0,5 Skalenteile.

Dieser Wert war an verschiedenen Tagen ein wenig verschieden.

2. Wanddurchstrahlung bei Verstopfung der Öffnungen. Diese wurden bei den starken Bleiwänden erst deutlich bei etwa 280000 Volt, und zwar betrug der Abfall:

in Elektroskop A in 10 Minuten etwa 0,4 Skalenteile
„ „ B „ 10 „ „ 0,75 „

Bei 310000 Volt

in Elektroskop A in 10 Minuten 0,6 Skalenteile
„ „ B „ 10 „ 0,9 „

Die Fehler 1 und 2 zusammen betrugen bei 280 kV 0,9 bzw. 1,25, bei 310 kV 1,1 bzw. 1,4 Skalenteile.

Digitized by Google

Aufladevorrichtung.

Von einigem Interesse ist vielleicht die hier verwendete Aufladevorrichtung. Eine Hochspannungsbatterie stand zu dieser Untersuchnung nicht zur Verfügung, vielmehr nur Gleichstrom von 110 Volt Spannung. Benötigt wurden aber zur Ladung der Elektroskope 450 bis 500 Volt. Durch die in Fig. 19 skizzierte Vorrichtung wurde die notwendige Gleichspannung beschafft. Es bedeuten $k1$ bis $k5$ fünf Telephonkondensatoren von je 1 Mikrofarad, U einen verschiebbaren Umschalter. Bei der einen Endstellung liegen die sämtlichen Kondensatoren parallel am Netze von 110 Volt. Durch Verschieben des Schalters in die Endstellung wird zuerst die Verbindung mit dem Netze gelöst und dann werden sämtliche Kondensatoren in Serie geschaltet und mit der Leitung zu den Elektroskopen verbunden. Wenn die Kontakte in Ordnung sind, funktioniert eine derartige Vorrichtung recht gut. Sie ist der Zerstörung durch die Zeit nicht ausgesetzt, wie das bei den vielfach aus Taschenlampenbatterien aufgebauten Hochspannungsquellen der Fall ist.

4. Gang einer Messung und Bestimmung der Absorptionskoeffizienten.

Gemessen wurden Absorptionskoeffizienten in Aluminium und in Blei. Ursprünglich bestand die Absicht, bei den Messungen mit Aluminium so vorzugehen, wie das früher von RUTHERFORD u. a. in den genannten Arbeiten auch geschehen ist, nämlich durch sukzessive Verstärkung des Aluminiumfilters die Intensitäten so lange zu vermindern, bis sie exponentiell abnehmen. Es stellt sich aber heraus, daß dies bei den hohen Spannungen ein unzulässiges Verfahren ist. Die eigentliche Filterwirkung, nämlich die Trennung der weicheren und härteren Strahlen voneinander durch die verschiedene Absorption, nimmt mit dem Atomgewichte sehr rasch zu und ist daher beim Aluminium gering, wenn sehr harte Strahlung verwendet wird. Infolgedessen gibt es dann keine scharfen Punkte mehr, wo der Beginn der exponentiellen Abnahme der Intensität deutlich wird.

Besser gelingen die Messungen mit Blei, wie die nachfolgenden Reihen zeigen. Es wurde infolgedessen der Absorptionskoeffizient der Strahlung in Blei bei sukzessiv wachsender Filterung ermittelt. Um aber auch Absorptionskoeffizienten im

Digitized by Google

Aluminium festzustellen, wurde so verfahren, daß die für Blei festgestellte Filterschicht als Vorfilter, eventuell unter Zuhilfenahme eines weiteren Vorfilters aus Aluminium zugrunde gelegt und dann der Absorptionskoeffizient im Aluminium bestimmt wurde. Denn man kann mit Recht annehmen, daß eine weitere erhebliche Härtung in einem dicken Aluminiumfilter nicht mehr eintritt, wenn die Strahlung durch Blei nicht mehr merklich gehärtet werden kann. Dies ergaben auch die Versuche.

Eine Messung besteht aus je zwei Ablesungspaaren und bezieht sich auf die den Strahlungsintensitäten bei Sättigung als proportional angenommene Ionisierung. Das Verhältnis der Intensitäten des ersten Ablesungspaares sei

$$\frac{J_1}{J_2} = a,$$

das Verhältnis des folgenden Paares

$$\frac{J_3}{J_4} = b.$$

Angenommen, das Elektroskop A unterscheide sich in seiner Empfindlichkeit gegenüber dem Elektroskop B so, daß es bei gleicher Intensität m mal schneller sich entlädt, wobei m meist eine Zahl wenig größer als 1 ist, aber auch einen anderen Wert haben kann. Dann sind die Werte a und b nicht gleich, vielmehr ist $a = c.m$ und $b = \frac{c}{m}$, wobei c das gesuchte wirkliche Verhältnis ist. Angenommen weiter, daß bei der zweiten Messung eine Schwankung eintritt, so daß die Intensität in beiden Elektroskopen etwas größer ist als bei der ersten Messung, und zwar n mal, wo n gleichfalls etwas größer ist als 1, dann bleibt das Verhältnis der zweiten Messung

$$b = \frac{nJ_3}{nJ_4} = \frac{c}{m}.$$

Daraus ergibt sich

$$\sqrt{a.b} = c,$$

nämlich das gesuchte Verhältnis der beiden Intensitäten ohne und mit Meßfilter. Die Schwankungen der Apparatur wie gewisse Ungleichheiten der Elektroskope fallen also heraus.

Digitized by Google

Aus diesen Intensitäten ergibt sich dann der Absorptionskoeffizient μ aus der bekannten Beziehung

$$J = J_0 . e^{\mu d} \quad \text{und} \quad \mu = \frac{\log J_0 - \log J}{d \log e}.$$

Von W. H. BRAGG und PIERES[1]) u. a. sind Beziehungen aufgestellt bzw. kontrolliert worden, welche gestatten, aus dem Absorptionskoeffizienten einer Strahlung in Aluminium auf die Wellenlänge dieser Strahlung zu schließen. Diese Beziehung hat die Form

$$\mu = k \lambda^{3}.$$

Ähnliche Beziehungen haben SIEGBAHN[2]) und KOSSEL u. a. aufgestellt. Die Konstante k variiert mit der Härte der Strahlung. Im nachfolgenden ist ein Wert für k zugrunde gelegt, der sich auf die härteste beobachtete Strahlung bezieht und den RUTHERFORD, BARNES und RICHARDSON angewendet haben, wie sich aus der Auswertung ihrer Zahlen ergibt. Darnach ist

$$k = 3{,}17 . 10^{21}$$

und der Logarithmus $k = 21{,}5$. Aus dieser Gleichung wurde die Wellenlänge der gefundenen härtesten Strahlung ermittelt. Leider ist für Blei eine ähnliche Beziehung zurzeit nicht aufgestellt.

Voraussetzungen für die neue Methode. Kontrolle der Elektroskope.

Während bei der früher meist angewandten Methode konstante Intervalle benutzt wurden und die Zeiten als umgekehrt proportional der Ionisierungsintensitäten das gesuchte Verhältnis ergaben, wird hier mit absolut konstanten Zeiten für beide Elektroskope gearbeitet und werden die durchlaufenen Intervalle der Elektroskope der Intensität proportional gesetzt[3]). Da die Blättchen der beiden Elektroskope natürlich verschiedene Intervalle durchlaufen, so ist die Methode nur zulässig, wenn vorher konstatiert wurde, daß der Gang der Elektroskopblättchen in den angewandten Intervallen hinreichend genau proportional der Intensität der Strahlung ist. Dies war nach Fertigstellung der

[1]) X-Rays and Crystal Structure, S. 180 ff.

[2]) Phys. ZS. 15, 753, 1914. Ferner KOSSEL, Verhandl. d. D. Phys. Ges. 16, 908, 1914.

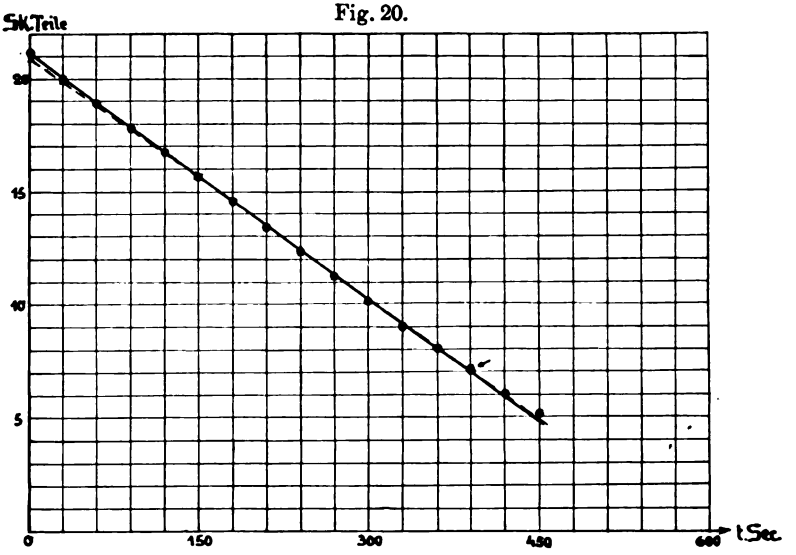
[3]) Vgl. RUTHERFORD, Radioaktivität, S. 58 u. 59.

Digitized by Google

Elektroskope nicht ohne weiteres der Fall, aber es gelang, sie so zu verbessern, daß die Proportionalität erreicht wurde, und zwar durch Verbesserung der Blättchen [1]).

Nächstes Ziel der Messungen ist in allen Fällen nur die Ionisierungsintensität. Deswegen kann die Kontrolle des Ganges der Elektroskope am einfachsten dadurch bewirkt werden, daß man beide Elektroskope unter sorgfältig konstant gehaltener Strahlung zur Entladung kommen läßt und ihre Stellung in bestimmten

Fig. 20.



Kontrolle des Ganges der Elektroskope bei gleicher Intensität und Filterung. Ablesung von 30 zu 30 Sekunden.

Zeitintervallen abliest. Das Ergebnis dieser Kontrolle ist in Fig. 20 eingetragen worden.

Wenn der Gang der beiden Elektroskope proportional der Ionisierungsintensität ist, dann kommt es nicht darauf an, ob die beiden geraden Linien unter dem gleichen oder unter einem etwas verschiedenen Neigungswinkel verlaufen. Denn es ist oben gezeigt worden, daß ein Verhältnisunterschied — und ein solcher wird durch die verschiedene Neigung ausgedrückt — bei der Berechnung des geometrischen Mittelwertes herausfällt.

[1]) Vgl. auch: Über Eichung und Gebrauch von Blattelektrometern von H. W. Schmidt, Phys. ZS. 1914, S. 157; ferner Ebert, ebenda **6**, 642, 1905.

Digitized by Google

Gegen die neue Methode kann aber noch eingewendet werden, daß die Bestimmung des geometrischen Mittelwertes Fehler durch additive Komponenten nicht beseitigt. Es fragt sich, wodurch solche additive Fehler entstehen können. In allen Fällen bildet die Ionisierung den Gegenstand der Messung. Diese ist einmal abhängig von allen ionisierenden Strahlen, die in das Innere des Elektroskops eindringen oder dort entstehen. Da die Wände des Elektroskops die gleiche Beschaffenheit haben, da ferner beide Elektroskope gleiche Öffnungen und gleiche Volumina besaßen, so muß die in ihrem Inneren entstehende Ionenzahl gleich sein, wenn gleiche Strahlenintensitäten in sie eindringen. Insoweit also die Ionisierung nur zustande kommt durch solche Strahlen, welche durch die mit den Vor- und Meßfiltern verschlossenen Öffnungen eindringen, gibt die in den beiden gemessene Ionisierung streng das Verhältnis der in beide eindringenden Strahlung an. Dagegen werden Ionisierungsursachen anderer Art, die also nicht durch die Meßöffnungen eintreten, additive Komponenten bilden. Als solche Ursachen kommen zwei in Frage — weil charakteristische sekundäre Strahlen infolge ihrer Weichheit durch die Grundfilter abgehalten werden —, und zwar sind es folgende:

1. die Entladung, welche die Elektroskope ohne die Bestrahlung erleiden und die auf Isolierungsfehler und auf die stets in der Luft enthaltenen Ionen zurückzuführen sind;

2. Strahlungen, welche nicht durch die Öffnungen, sondern durch die Wände der Elektroskope eindringen.

Diese beiden Fehlerquellen wurden mehrfach für sich bestimmt, und zwar der natürliche Rückgang, der sehr klein war und nur bei den längsten Meßzeiten in Rechnung kam, an verschiedenen Tagen; die Strahlung, welche durch die Wände eindrang, in der bereits oben erwähnten Weise, indem die Eintrittsöffnungen durch dickes Blei verstopft wurden und bei allen angewandten Spannungen der Rückgang gemessen wurde, der dennoch bei der Bestrahlung während 10 bis 20 Minuten zustande kam. Dieser Rückgang war, da die Bleiwände $2^1/_2$ cm betrugen, nur bei den Spannungen von über 250000 Volt merkbar und wurde bei den Messungen berücksichtigt.

Endlich ist bei allen diesen Messungen Voraussetzung, daß mit Sättigungsstrom gearbeitet wird, d. h. daß Potentialdifferenzen

Digitized by Google

entstehen, welche alle vorhandenen Ionen ausnützen. Die Elektroskope waren mit etwa 450 Volt aufgeladen. Es handelt sich hier nicht um die einfacheren und geklärteren Verhältnisse der Sättigung zwischen Platten [1]), sondern um die Sättigung zwischen den Wänden und den in etwa 5 cm von den Wänden abstehenden festen und beweglichen Elektroskopteilen. Eigentliche Schwierigkeiten hinsichtlich der Sättigung entstehen nur bei den trägen α-Strahlen. Nach RUTHERFORD genügen sogar für α- und β-Strahlen — vielmehr also für harte Röntgenstrahlen — bei einem Plattenabstand von 5 cm 300 Volt zur Erreichung der Sättigung. Daß die Bedingung bei den vorliegenden Versuchen erfüllt war, ergibt sich aus Fig. 20 und folgender Überlegung. Wenn nicht alle Ionen verbraucht werden, dann muß eine Erniedrigung der Ladungsspannung des Elektroskops bewirken, daß die Entladung langsamer vor sich geht. Werden also bei Erniedrigung der Aufladungsspannung und gleicher Strahlungsintensität die Entladungszeiten nicht geändert, dann muß geschlossen werden, daß alle Ionen herangezogen wurden. Die Entladung des Elektroskops durch die Ionisation ist nichts anderes als eine Herabsetzung seiner Spannung; soweit also die Kurve Fig. 21 proportionalen Verlauf ergibt, beweist sie, weil die Ionisation konstant ist, daß trotz sinkender Spannung Sättigung vorhanden war.

Derartige Kontrollen mit verschiedener Strahlungsintensität sind mehrfach gemacht (vgl. Fig. 21) worden. Bei den letzten Werten — auf die es schließlich am meisten ankommt — ist über die Sättigung ein Zweifel schon deshalb nicht möglich, weil bei ihnen durch die Vorfilter die Strahlung und damit die Ionisation sehr stark herabgesetzt war.

Die Korrekturen fielen bei der Mehrzahl der Messungen schon deswegen nicht stark ins Gewicht, weil die Größe der Öffnungen im Vergleich zu der Größe der bestrahlten Vorderwände der Elektroskope sehr erheblich war.

Der Gang der Messungen sei in folgendem Beispiel angegeben: Zunächst wurde zur Kontrolle bestimmt, welchen Abfall die beiden Elektroskope in 10 Minuten Bestrahlungszeit mit der Versuchsspannung erleiden, wenn die Öffnung mit 3 cm Blei

---

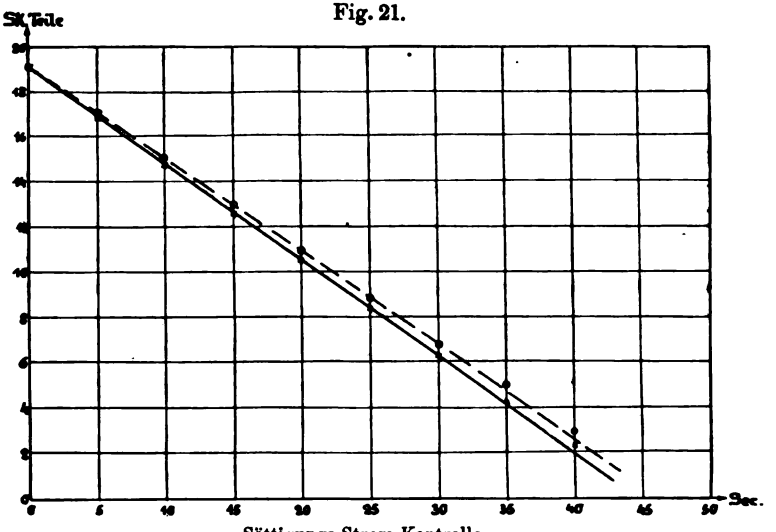
[1]) Vgl. J. J. THOMSON, Elektrizitätsdurchgang in Gasen, S. 14 ff. RUTHERFORD, Radioaktive Substanzen, S. 25 ff.; ferner S. 73, Abs. 2.

Digitized by Google

verstopft war. Es ergab sich z. B. für Elektroskop A in 10 Minuten bei 284 kV Maximalspannung 0,9 Skalenteile, für Elektroskop B 1,2 Skalenteile, also pro Minute 0,09 bzw. 0,12. Diese Korrektur enthielt beide additive Komponenten, die Selbstentladung der Elektroskope und die Entladung von der Wanddurchstrahlung.

Nunmehr wurden beide Elektroskope aufgeladen, und zwar wurde Elektroskop A auf 21,3, Elektroskop B auf 21,5 Skalenteile gestellt. Die Strahlung war beiderseits mit 6 mm Blei vorfiltriert, A erhielt außerdem das Meßfilter von 1 mm Blei. Nach 165 Sekunden war A um 5,8, B um 13,3 Skalenteile gesunken.

Fig. 21.



Sättigungs-Strom-Kontrolle.

Nun wurde berücksichtigt, daß in dieser Zeit durch Selbstentladung und Wanddurchstrahlung in A 0,25, in B 0,33 Skalenteile Verluste eingetreten waren, und es ergab sich als Verhältnis 13,17 zu 5,55.

Nunmehr wurde das Meßfilter vertauscht, wiederum aufgeladen, und es ergab sich bei der zweiten Messung in der gleichen Zeit und unter Berücksichtigung der Korrekturen das Verhältnis 11,15 zu 5,57. Die Verhältnisse sind nicht ganz gleich, weil die Elektroskope, wie oben gezeigt, einen etwas verschiedenen Neigungswinkel des Abfalls besaßen. Daraus ergibt sich nun das Verhältnis

$$\sqrt{2{,}37 \cdot 2} = 2{,}18\ \mu = 7{,}8\ \mathrm{cm}^{-1}.$$

Digitized by Google

Am deutlichsten ergibt sich die Genauigkeit der Methode dann, wenn die Endstrahlung erreicht ist. Dann müssen die Werte konstant sein und etwaige Schwankungen sind Meßfehler. Wie die Tabelle der Bleiabsorptionen im folgenden zeigt, wurde beispielsweise die Endstrahlung im Blei bei 308 kV nach 6 mm Blei erreicht. Die Messungen nach 6, 7 und 8 mm Blei ergaben die Werte von 6,55, 6,55 und 6,5. Bei 220 kV waren die drei letzten Werte 11,7, 11,8 und 11,75; bei 284 kV waren die beiden letzten Werte 7,8 und 7,5.

5. Ergebnisse und Diskussion.

In der Fig. 22 sind auf der Abszisse die Stärken der Bleifilter, auf der Ordinate die Logarithmen der gemessenen Ionisierungsintensitäten aufgetragen. Die nachstehende Tabelle gibt die dazu gehörigen Zahlenwerte an:

J rel. nach mm Blei	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9
kV														
103	9150	1000	192	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
132	4950	1000	279	83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180	4440	1000	285	96	33,6	12,65	4,75	—	—	—	—	—	—	—
220	3480	1000	365	153,3	67,5	33,75	18,7	10,4	5,75	—	—	—	—	—
268	—	1000	—	192	—	54,9	—	18,1	—	6,87	2,7	—	—	—
284	—	1000	—	231	—	75,3	—	28,3	—	11,85	5,57	2,65	1,26	—
308	—	1000	—	274	—	103,3	—	43,4	—	19,93	9,97	5,19	2,7	1,42

Um einen gemeinschaftlichen Ausgangspunkt für die Reihen zu erhalten, wurde bei allen die Ionisierungsintensität nach 1 mm Blei = 1000 gesetzt.

μ Blei nach Vorfilter (Blei) von mm	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8
kV												
103	44,4	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
132	32	25,3	24,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180	29,8	25	21,7	21	19,6	19,6	—	—	—	—	—	—
220	24,9	20,1	17,3	16,35	14,4	11,70	11,80	11,75	—	—	—	—
								+ a	+ b			
268 +	—	16,5	—	12,5	—	11,5	—	9,75	9,33	—	—	—
284 +	—	14,6	—	11,2	—	9,55	—	8,75	7,6	7,8	7,5	—
308 +	—	13	—	9,75	—	8,7	—	7,8	6,9	6,55	6,55	6,5

\+ Diese Reihen gemessen in 1 mm Blei, alle übrigen in $^1/_2$ mm Blei.
+a bezieht sich auf 1,5 kV höhere Spannung als + b —.

Digitized by Google

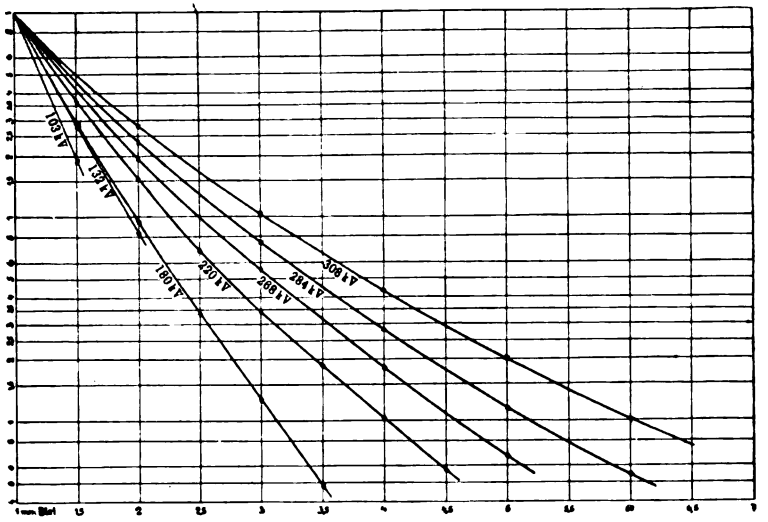
Die vorstehende Tabelle gibt die Absorptionskoeffizienten im Blei an, welche für die Versuchsreihen nach Durchgang der Strahlung durch die verschiedenen Filterstärken vorhanden waren.

Die Anfangswerte betreffen stark gemischte Strahlen, die Endwerte wesentlich gleichartigere Strahlung, die durch weitere Bleischichten nicht mehr merklich gehärtet werden konnte.

Die Werte für die Absorption in Aluminium sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Die dazu angegebenen Vorfilter und Meßfilter beziehen sich nicht auf die sämtlichen Einzelbeobachtungen — vielmehr wurden

Fig. 22.



die Vorfilter mehrfach variiert —, sondern dienen nur zur Orientierung. Meistens wurde zum Bleifilter noch ein Aluminiumvorfilter hinzugefügt, gemäß dem bekannten Beobachten bei γ-Strahlen und Blei, daß die Absorptionskoeffizienten abnehmen, wenn die Strahlung durch dasselbe Metall vorfiltriert wird[1]). Die vierte Rubrik gibt die Frequenzen.

Rechnet man mit der oben erwähnten Gleichung aus dem Absorptionskoeffizienten im Aluminium die Wellenlänge der

[1]) Vgl. Winawer, Versuche mit sehr harten X-Strahlen, Phys. ZS. **15**, 942 ff., 1914.

Digitized by Google

Strahlung aus, so erhält man die gleichfalls in der Tabelle angegebenen Werte.

Kleinster beobachteter Absorptionskoeffizient in Aluminium und die ihm entsprechende Wellenlänge und Frequenz.

Spannung in kV	μ_{Al}	$\lambda \cdot 10^9$	$\nu \cdot 10^{-19}$	Vorfilter	Meßfilter
103	0,51	1,92	1,56	1 mm Blei + ½ cm Alum.	1 cm Al
132	0,424	1,77	1,69	1,5 „ „ + ½ „ „	1 „ „
179	0,396	1,72	1,74	2,5 „ „ + ½ „ „	2 „ „
220	0,325	1,6	1,87	4 „ „ + 1 „ „	2 „ „
267	0,27	1,5	2,00	6 „ „ + ½ „ „	3 „ „
283	0,258	1,46	2,05	7 „ „ + 1 „ „	3 „ „
308	0,239	1,42	2,11	7 „ „ + 1 „ „	3 „ „

Diese Wellenlängen sind zum Teil kleiner als die bisher bekannte kleinste Wellenlänge von Röntgenstrahlen, die $1{,}73 \cdot 10^{-9}$ cm betrug. Sie sind aber noch größer als die Wellenlänge der Haupt-k-Linie des Radiums C, welche $1 \cdot 10^{-9}$ cm beträgt, und auch noch etwas größer als die der härtesten k-Linie des Radiums B, welche $1{,}37 \cdot 10^{-9}$ cm beträgt.

Die diesen Wellenlängen entsprechenden Frequenzen liegen weit unter den Frequenzen nach der EINSTEINschen Formel[1]). Es ist möglich, daß die Absorptionsmethode nicht ganz ausreicht, um die härteste noch auftretende Strahlung zu isolieren und ihren Absorptionskoeffizienten zu messen. Wenn diese härteste Strahlung nämlich einen sehr kleinen Bruchteil der gesamten Strahlung einer Röhre ausmacht, so kann sie mit den bisherigen Methoden kaum gefunden werden. Die verwendeten Strahlen sind zum Teil schon derartig hart, daß starke Bleiwände durchdrungen werden. Selbst bei möglichst genauer Bewertung der dadurch entstehenden Fehler läßt sich eine sehr kleine Menge harter Strahlung durch Bleifilter nicht mehr trennen. Die Verhältnisse sind bei einer derartigen Untersuchung anders gelagert, wie bei Untersuchungen von Linienspektren nach den bekannten Methoden. Linien können mit Hilfe der ruhenden oder gedrehten

[1]) Der Spannung 100 000 Volt entspricht nach der Quantentheorie eine Wellenlänge $1{,}24 \cdot 10^{-9}$, nach der Beobachtung eine solche von $1{,}87 \cdot 10^{-9}$. Die Wellenlänge von 1,42 müßte bei etwa 90 000 Volt nach der Quantentheorie erreicht werden. Vgl. R., B. u. R., l. c.

Digitized by Google

Kristalle, die kurzwelligsten von ihnen besonders nach der Methode von RUTHERFORD und ANDRADE[1]), vermöge der Intensität ihrer homogenen Strahlung genau bestimmt werden. Dagegen kann man mit diesen Methoden kein Bremsspektrum untersuchen, welches nur eine diffuse Trübung der photographischen Platte liefert.

Jedenfalls hat sich herausgestellt, daß die X-Strahlenemission einer Wolframantikathode weiter geht und die Begrenzung, welche RUTHERFORD, BARNES und RICHARDSON angenommen haben und welche durch das Auftreten einer charakteristischen Linie im Wolfram bedingt ist, überschritten wird.

Die Beobachtung von RUTHERFORD, BARNES und RICHARDSON ist aber doch insofern richtig, als über einen großen Spannungsbereich von etwa 140000 bis etwa 170000 Volt mit Absorptionsmessungen Werte erhalten werden, die ziemlich konstant sind, jedenfalls weit davon entfernt, die zu erwartende Erniedrigung der Absorptionskoeffizienten zu ergeben.

WINAWER fand bei seinen Untersuchungen mit Platinantikathode, daß nach Filtrierung mit 1 mm Blei der Wert $\mu_{Al} = 0{,}39$ erreicht werde und nicht unterschritten werden könne. Dagegen weicht seine Angabe über den niedrigsten Absorptionskoeffizienten in Blei von der RUTHERFORDS ab, er findet 29 gegen 23. Der RUTHERFORDsche Wert wird durch die vorliegende Arbeit als der bessere bestätigt.

Trägt man, wie das in der englischen Arbeit geschehen ist die Logarithmen der erhaltenen äußersten Werte[2]) für μ_{Al} und μ_{Pb} als Funktionen der Maximalspannung ein, so ergeben sich die Kurven Fig. 23. Für die Werte zwischen 130 und etwa 200 kV ergibt sich eine Gangabweichung. Die Kurvenschar der Fig. 22 und die dazu gehörigen Werte in der Tabelle zeigen, daß der Intensitätsverlauf bei 132 und 180 kV anfangs nahezu auf einer Linie erfolgt, während die übrigen Kurven der Intensität in den zu erwartenden Abständen liegen.

Diese Beobachtungen bestätigen bis zu einem gewissen Grade die Annahme der englischen Autoren und auch die Resultate WINAWERS. Die Frequenzen der charakteristischen Strahlen, und

[1]) Phil. Mag. (6) 28, 263 ff., 1914.

[2]) Diese Darstellungsart ist beibehalten worden, um einen Vergleich mit den Ergebnissen der früheren Arbeit zu erleichtern.

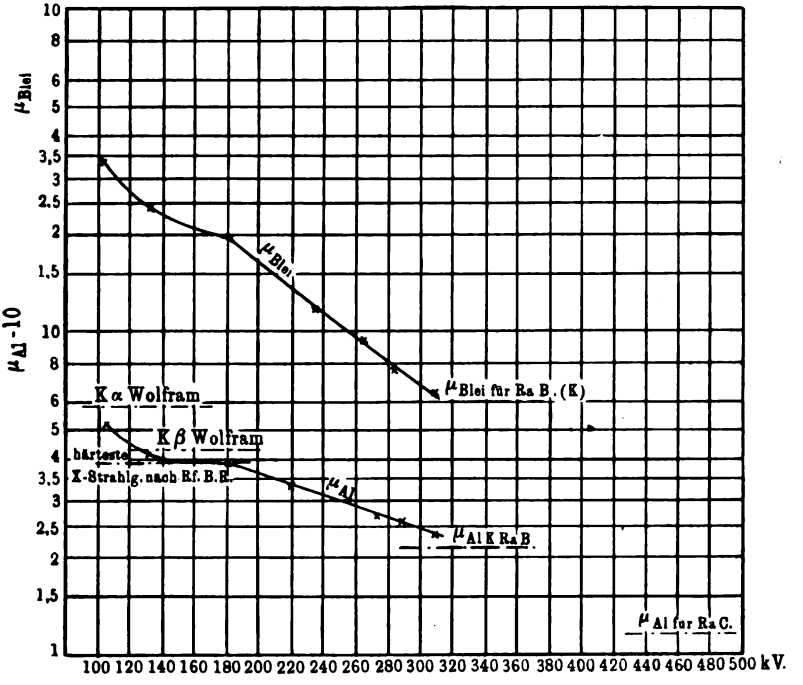
Digitized by Google

zwar jeder Linie, verhalten sich bekanntlich proportional dem Quadrate der Ordnungszahl des strahlenden Elementes:

$$\nu = A(N-b)^2.$$

Schon durch frühere Untersuchungen (vgl. Tabelle 31 in POHL: Die Physik der Röntgenstrahlen) ließ sich ermitteln, daß auch der Absorptionskoeffizient der charakteristischen Strahlen im Aluminium eine analoge Abhängigkeit zeigt. Dieser Zusammenhang führte dann zu der oben erwähnten, übrigens auch von

Fig. 23.



KOSSEL [1]), SIEGBAHN [2]) und anderen bestätigten Beziehung zwischen dem Absorptionskoeffizienten im Aluminium und der Wellenlänge. Die damit berechneten Werte bestätigten sich durch eine Messung, welche DE BROGLIE [3]) vorgenommen hat und welche für die k_α- und

[1]) Verh. d. D. Phys. Ges. 16, 898, 1914; vgl. S. 908.
[2]) Phys. ZS. 15, 753, 1914.
[3]) Zitiert nach der zusammenfassenden Arbeit von SIEGBAHN, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektr. 13, Heft 3, S. 331, 1916.

Digitized by Google

k_β-Linien des Wolframs die Wellenlängen 2,03 bzw. $1{,}77 \cdot 10^{-9}$ ergab. Diesen Wellenlängen entsprechen Absorptionskoeffizienten im Aluminium $\mu = 0{,}588$ bzw. 0,417.

Unter Benutzung der oben zitierten, von MOSELEY aufgestellten Gleichung kann man die Wellenlängen der α- und β-Linie für die „k"-Strahlung des Platins berechnen. Wenn man die Annahme macht, daß die Konstante A in den beiden Gleichungen ungefähr gleich bleibt, was bei der Nähe der Ordnungszahlen wahrscheinlich ist, und wenn man die Konstante $b = 1$ setzt, so ergibt sich für Platin für die k_α- und k_β-Linie: $\lambda_{k\alpha} = 1{,}825 \cdot 10^{-9}$, $\mu_{k\alpha} = 0{,}45$; $\lambda_{k\beta} = 1{,}59 \cdot 10^{-9}$, $\mu_{k\beta} = 0{,}32$.

Setzt man in der EINSTEINschen Gleichung

$$e = 4{,}77 \cdot 10^{-10}\,\text{ESE.}, \quad h = 6{,}52 \cdot 10^{-27},$$

so ergibt sich für die von DE BROGLIE gefundene Wellenlänge der k_β-Linie des Wolfram etwa 77 kV und für die soeben angenähert berechnete entsprechende Linie des Platins 86 kV. Diese Spannungen haben die Bedeutung einer Minimalspannung, die überschritten werden muß, um die charakteristische Strahlung zu erregen. Die Intensität der charakteristischen k-Linien, die dann zugleich auftreten, wenn die kurzwelligste von ihnen erregt wird, nimmt sodann bei steigender Spannung sehr rasch zu.

Die Arbeiten von WEBSTER[1]) zeigen, daß bei der Überschreitung der zur Erregung einer Linie nötigen Maximalspannung — wohl bis zu ihrem doppelten Betrage — die Intensität dieser Linien noch ansteigt, und zwar nach seiner Schätzung auf das Tausendfache. In den Lagen von 120 bis 180 kV muß sich ihr Einfluß stark bemerkbar machen.

Nach diesen Tatsachen ist dieses Resultat der vorliegenden Arbeit und sind auch die Ergebnisse der vorangegangenen Arbeiten wohl zu deuten. Hätte man es mit einer reinen Bremsstrahlung zu tun, so müßte nach der EINSTEINschen Formel die Frequenz der härtesten Strahlung proportional der zunehmenden Höchstspannung zunehmen. Den Gang der Frequenz in Abhängigkeit von der Spannung zeigt die Kurve Fig. 24. Bei den höheren Spannungen entspricht sie der Proportionalität.

Die RUTHERFORDsche Modifikation der EINSTEINschen Gleichung:

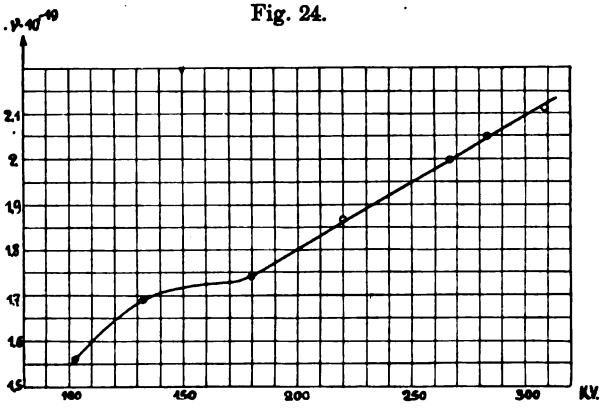
$$h\nu = eV - c(eV)^2$$

[1]) Phys. Rev. (2) 7, 599, 1916.

Digitized by Google

trifft nicht zu. Dagegen darf geschlossen werden, daß von etwa 220 bis 310 kV Bremsstrahlung den Gegenstand der Untersuchung gebildet hat. Die Werte von 100 [1]) bis etwa 200 kV sind offenbar nicht der unveränderte Ausdruck der Bremsstrahlung, sondern in dem Strahlengemisch herrscht die Intensität der k-Linien vor. Die „k_a"-Linien des Wolframs, welche bei einer gewissen Überschreitung der obengenannten Minimalspannung aufzutreten beginnen, müssen bei 140 000 Volt eine erhebliche Intensität besitzen, so daß nach Abfilterung der weicheren Komponenten des Strahlungsgemisches ihr Einfluß überwiegt. Da die in den Tafeln angegebenen Spannungswerte Scheitelwerte sind, so müssen die

Fig. 24.



Frequenz in Abhängigkeit von der Spannung.

Linien auch noch bei weit höheren als 140 kV Scheitelspannungen sich bemerkbar machen, da auch niederere Momentanwerte bei jedem Stromdurchgang zur Wirkung kommen. So erklärt sich der Verlauf der ersten Kurven von Fig. 22. So erklären sich auch die abweichenden Werte von μ_{Al} und μ_{Pb}, welche bei diesen Spannungen auftreten. Die Annahme von RUTHERFORD, BARNES und RICHARDSON, daß Wolfram eine durchdringendere Strahlung nicht liefern werde, ohne daß man eine Spannung von möglichst einer Million Volt anwende, hat sich dagegen als nicht zutreffend herausgestellt. Vielmehr besteht die Bremsstrahlung mit abnehmender Wellenlänge auch jenseits der k-Linie weiter, was aus

[1]) Nach Versuchen von WHIDDINGTON wurde die charakteristische k-Strahlung des Wolframs von 95 kV ab erregt (vgl. SIEGBAHN, l. c., S. 318).

Digitized by Google

der Analogie der Strahler von geringem Atomgewicht zu erwarten war. Denkt man sich die Kurve verlängert, so kann man bei etwa 500 kV erwarten, die Hauptlinie der harten Strahlen des Radiums C, für welche $\mu_{Al} = 0{,}115$ ist, zu erreichen.

Die sämtlichen Absorptionsmessungen haben zur stillschweigenden Voraussetzung, daß die Ionisierung nur proportional der Intensität der Röntgenstrahlung sei. Es ist sicher anzunehmen, daß dies nicht der Fall sei (vgl. RUTHERFORD: Radioaktivität, S. 221). Vielmehr ist die Ionisierung auch von der Härte abhängig, und zwar nimmt sie mit steigender Härte ab. Deswegen müssen die Werte für μ immer etwas zu klein ausfallen, jedoch kann dieser Fehler einigermaßen außer Berücksichtigung bleiben, wenn das Meßfilter die Strahlung nicht erheblich härtet.

Die Bedeutung der Erweiterung des Röntgenstrahlenspektrums liegt unter anderem auch besonders darin, daß die Änderung der Wellenlänge von $1{,}72 . 10^{-9}$ auf $1{,}43 . 10^{-9}$ eine ganz erhebliche Veränderung in der Durchdringungsfähigkeit bedingt. Nach der mehrfach erwähnten Formel wächst die Durchdringungsfähigkeit mit der $2^1/_2$fachen Potenz der Frequenz. Dies hat sich bei den Versuchen im Blei sehr deutlich bemerkbar gemacht. Während WINAWER und RUTHERFORD, BARNES und RICHARDSON angeben, daß 2 bis 3 mm Blei die härteste Strahlung einer Röntgenröhre praktisch vollständig absorbieren, drang bei diesen Versuchen eine meßbare Energie durch die Wände der Elektroskope, wenn die Mündungen durch Blei von 3 cm verstopft waren, obwohl die Elektroskopwände von 25 mm Blei gebildet waren. Einen wirksamen Schutz gegen diese Strahlung gibt es nicht mehr. Für die medizinische Anwendung hat ihre Durchdringungsfähigkeit große Bedeutung.

Zusammenfassend kann wohl gesagt werden, daß mit steigender Spannung der Erregung die Absorption abnimmt bzw. die daraus errechnete Frequenz der Strahlung zunimmt. In Fig. 25 sind die Logarithmen der Werte dieser Arbeit für μ_{Al} in Abhängigkeit der Spannung zusammengestellt mit denjenigen, welche RUTHERFORD, BARNES und RICHARDSON ermittelt haben. In dem von den englischen Autoren und in der vorliegenden Arbeit untersuchten Gebiet von 100 bis 180 kV decken sich die Werte hinreichend genau. Die kleine Abweichung des Wertes bei 103000 Volt mag von Unterschieden in der Messung der sekundären Spannung herrühren.

Digitized by Google

Wie verschiedene Autoren bereits gefunden haben, entsprechen die Frequenzen bei niederen Spannungen der EINSTEINschen Beziehung. Sie bleiben, wie RUTHERFORD, BARNES und

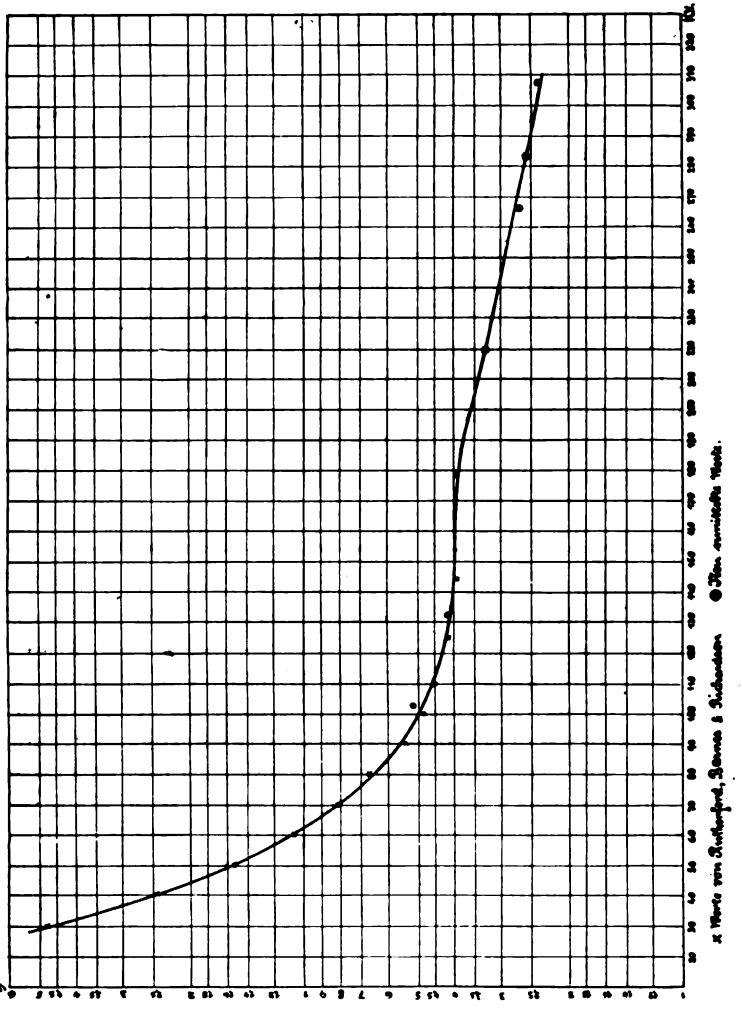


Fig. 25.

RICHARDSON gefunden haben, immer mehr gegen die EINSTEINsche Beziehung zurück, je höher die Spannung gewählt wird, scheinen endlich bei Erreichung von etwa 140 kV ganz still zu stehen. Diese Tatsache veranlaßte die genannten Autoren zur Aufstellung

Digitized by Google

ihrer anfangs erwähnten Gleichung eines parabolischen Verlaufs. WEBSTER (l. c.) hat vermutet, daß die charakteristische Strahlung in der Weise zustande kommt, daß durch höhere Spannung eine etwas frequentere Strahlung erregt werde und daß diese sich in die Strahlung der charakteristischen Linie transformiere. Der Gang der Kurve würde in dem erwähnten Intervall einer solchen Anschauung entsprechen. In dem letzten Teil der vorliegenden Arbeit wurde indessen gezeigt, daß dieser Stillstand, der vermutlich von der Erregung der k_β-Strahlung des Wolframs stammt, begrenzt ist und daß nach Überschreitung eines gewissen Spannungsintervalles von etwa 170 bis 180 kV die Frequenz bis zu etwa 310 kV proportional der steigenden Spannung wächst. In diesem Gebiet bleibt die aus der Absorption errechnete Frequenz aber so weit hinter der EINSTEINschen Beziehung zurück, daß etwa eine dreifach höhere Spannung, als dieser Beziehung entspricht, aufgewendet werden muß.

Die Ergebnisse enthalten die Unsicherheit des Exponenten 5/2 und des Faktors k, welche zur Ermittelung der Wellenlängen und der Frequenzen aus den gemessenen Absorptionszahlen herangezogen sind. Dieses k ändert sich mit der Härte der Strahlung. Für die charakteristische Silberstrahlung (k_α-Strahlung) beträgt es $31 . 10^{20}$. In dem Bereiche der vorliegenden Arbeit ist k mit $31{,}5 . 10^{20}$ angenommen worden, und zwar übereinstimmend mit der mehrfach genannten englischen Arbeit. Für Radium C, für welches der Absorptionskoeffizient $\mu = 0{,}115$ genau bekannt ist und für welches der Winkel bei Reflexion durch Steinsalz in guter Übereinstimmung steht, wäre $k = 31{,}4 . 10^{20}$, für Radium B $= 31{,}446 . 10^{20}$. Die Abweichung von der PLANCK-EINSTEINschen Beziehung kann also kaum durch den verschiedenen Wert von k allein verursacht sein. Deshalb muß daran gedacht werden, daß die bei der Absorptionsmessung erfaßte Endstrahlung nicht dem Falle entspricht, für welchen die PLANCK-EINSTEINsche Beziehung gilt, nämlich, daß die ganze Energie des einprallenden Elektrons in die Strahlung unmittelbar überführt wird.

Berichtigung.

Seite 216. Gleichung muß heißen: $J = J_0 . e^{-\mu d}$ statt $J = J_0 . e^{\mu d}$.

Digitized by Google

1917. Heft 19/20.

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

☞ **Die Verbreitung von Heft 17/18 der „Berichte (bzw. Verhandlungen) der Deutschen Physikalischen Gesellschaft" war nur für Deutschland und Österreich-Ungarn gestattet, den ausländischen Beziehern wird dieses Doppelheft nachgeliefert, sobald das Verbot aufgehoben ist.**

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn
1917

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 24 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Digitized by Google

Inhalt.

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Seite

Emil Podszus, Widerstände einiger reiner Isolatoren bei hohen Temperaturen, Thermionenströme und Dissoziation. (Eingegangen am 9. August 1917) 231

M. Wolfke, Über eine neue Quarzlampe. (Eingegangen am 6. September 1917) 239

2. Halbmonatl. Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik. I. Allgemeine Physik. S. 231, 245, 259 u. 273. — II. Akustik. S. 232, 247, 260 u. 275. — III. Physikalische Chemie. S. 233, 247, 261 u. 275. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 234, 248, 262 u. 277. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 237, 251, 264 u. 279. — VI. Wärme. S. 239, 252, 266 u. 280. — VII. Kosmische Physik. S. 240, 254, 268 u. 282.

Elektrische Mess-Instrumente

Meßbrücken — Galvanometer — Isolationsprüfer — Kabelmeßapparate — Kondensatoren — Widerstände Bandbremsen — Hochspannungsanzeiger nach Zipp — Selbstinduktions-Normalien — Kompensatoren

Kurvenindikator mit Registriertrommel

Land- und Seekabelwerke Aktiengesellschaft

Abt. Apparatebau **Cöln-Nippes**

An die Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

1. Wissenschaftliche Mitteilungen, welche in einer Sitzung der Gesellschaft durch ein anwesendes Mitglied vorgelegt werden (§ 21 der Satzungen), erscheinen in der Regel binnen zwei bis drei Wochen in den „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft". Die Vorlage von Mitteilungen in einer Sitzung zu vermitteln, ist der Unterzeichnete jederzeit bereit. Die Mitteilungen sollen in der Regel den Umfang von 8 Druckseiten nicht überschreiten.
2. Anmeldungen von Mitgliedern (§ 13 der Satzungen) können an den Vorsitzenden der Gesellschaft, Herrn Prof. Dr. A. Einstein (Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstr. 13), an den Rechnungsführer, Herrn Prof. Dr. E. Jahnke (Berlin W 15, Darmstädterstr. 9) oder an den Unterzeichneten gerichtet werden.
3. Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt für Berliner Mitglieder 20 Mark, für auswärtige Mitglieder 10 Mark, wofür die „Verhandlungen" der Gesellschaft kostenlos geliefert werden. Für den Bezug der „Berichte" (Verhandlungen und Literaturverzeichnis) an Stelle der „Verhandlungen" allein zahlen die Mitglieder einen Zuschlag zu diesen Beträgen von **8 Mark** jährlich. — Alle Zahlungen werden aus dem Inlande durch Zahlkarte, aus dem Auslande durch Postanweisung unter der Adresse
   Postscheckkonto: Professor Dr. E. Jahnke, Postscheckamt Berlin Nr. 13434
   erbeten.
4. Die auswärtigen Mitglieder, welche die Einladungskarten (Tagesordnungen) für die einzelnen Sitzungen zu erhalten wünschen, haben hierfür eine Gebühr von 1,50 Mark jährlich, ebenfalls auf das obengenannte Postscheckkonto, zu zahlen.

Professor Dr. Karl Scheel, Berlin-Dahlem, Werderstraße 28
Postadresse: Berlin-Lichterfelde 3.

Digitized by Google

Verhandlungen
der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben
von
Karl Scheel

19. Jahrg. 30. Oktober 1917. Nr. 19/20.

Widerstände einiger reiner Isolatoren bei hohen Temperaturen, Thermionenströme und Dissoziation;

von Emil Podszus.

(Eingegangen am 9. August 1917.)

Vor längerer Zeit wurde von dem Verfasser eine Reihe von Versuchen angestellt, um den Widerstand und das Verhalten gewisser reiner Isolatoren bei hohen Temperaturen zu untersuchen. Dabei zeigten sich einige Unterschiede, je nachdem der Widerstand im Vakuum oder in reinem Gase gemessen wurde. Trotzdem die Frage noch nicht völlig zum Abschluß gebracht werden konnte, soll hier dennoch, da es unsicher ist, wann die Versuche beendet werden können, ein kurzer Auszug gegeben werden, während die ausführliche Darstellung einer späteren Mitteilung vorbehalten werden soll.

Die Messung der Widerstände geschah in einem kleinen Wolframofen, der aus einer frei schwebenden Wolframspule gebildet war ($1 \times 0{,}2$ mm). Er besaß eine Länge von 28 mm und hatte ein Lumen von 7,5 mm. Ein Wolframband ($1 \times 0{,}2$ mm) war in sehr engen Abständen zu einer Spirale gewickelt, die etwa 0,1 bis 0,15 mm Zwischenraum boten. Diese Abstände genügten bei sorgfältigem Bau der Spirale, um Kurzschlüsse zu vermeiden. Bei der großen Gleichmäßigkeit des Wolframbandes war die Temperatur im mittleren Teile des Öfchens recht gleich-

Digitized by Google

mäßig. Die Halterung war nach Art der Glühlampen angeordnet. Die ganze Vorrichtung befand sich innerhalb einer großen Glaskugel (25 cm), in die sämtliche Zuleitungen, auch zu den Meßstäbchen, durch Platineinschmelzungen gasdicht eingeführt wurden. Die Stromzuführung für den Heizstrom bildeten Platinbleche. Vor der Messung wurde die Spirale bei hoher Temperatur mehrere Stunden im Vakuum ausgeglüht, um Verunreinigungen usw. zu beseitigen. Die Vorrichtung gestattete Messungen bis über 2000° C bei einem Vakuum bis $1 - 2 . 10^{-4}$ mm Hg. Vor jeder Messung wurde die ganze Glocke erst längere Zeit bei 400° gepumpt, um einen großen Teil adsorbierter Gase usw. zu entfernen. Darauf fand ein Vorglühen der Spirale statt und erst, wenn das Vakuum langsam auch bei hohen Temperaturen erreicht war, wurde die Messung vorgenommen. Als Heizstrom wurde Wechselstrom (50 $\sim$) angewandt. Nach der Messung im Vakuum wurde reiner Stickstoff eingefüllt und darin eine Messungsreihe an demselben Körper vorgenommen. Darauf wurde wieder evakuiert und an dem gleichen Körper die erste Messung kontrolliert. Nur wenn sich dann keine wesentlichen Abweichungen ergeben, war eine Stäubung von der Heizspirale, die sehr leicht einsetzte, bei der langen Glühdauer zu vermeiden. Um etwaigen Einfluß der sehr starken Elektronenströme, die von der Heizspirale ausgehen, zu verhindern, wurde der Heizstrom während der Messung elektromagnetisch ausgeschaltet, derart, daß einen Bruchteil einer Sekunde danach die Messung stattfinden konnte, ehe eine nennenswerte Abkühlung eingetreten war. Zur Messung des Widerstandes wurde die Brückenmethode benutzt, unter Anwendung von 50 Volt Gleichstromspannung. (Die Wechselstrommethode war nicht empfindlich genug.) Die Messung der Temperatur geschah einmal durch Anvisieren mit einem HOLBORN-KURLBAUMschen Pyrometer, das durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt geeicht war und mit dem Platinschmelzpunkt verglichen war. Der Glühfaden wurde auf die durch die Lücken sichtbaren Teile des Meßstäbchens eingestellt. Am zweckmäßigsten erwies sich die Eichung nach dem Wattverbrauch der Spirale, der recht konstant war, wenn die Spirale längere Zeit geglüht war. Zeitweilig wurde die Temperatur durch ein eingeführtes Thermoelement und durch Schmelzpunkt eines Platinfadens kontrolliert. Die Messung geschah an kreisrunden, aus einer Presse gespritzten Stäbchen.

Digitized by Google

Resultate.

I. Stäbchen 1,25 mm dick, 10 mm lang aus CaO.

1. Im Vakuum ($2-3.10^{-4}$ mm Hg)		2. In N_2 (1 Atm.)	
t °C	w (im Ohm)	t °C	w (im Ohm)
1510	1 330 000	1510	210 000
1640	220 000	1595	75 000
1690	80 000	1640	55 000

II. Al_2O_3. Das freie Stäbchen war 10 mm lang und 1,35 mm dick.

1. Im Vakuum (etwa 1.10^{-3} mm)		2. In N_2 (1 Atm.)	
1550	3 300 000	1590	3 300 000
1660	1 660 000	1640	1 600 000
1700	1 110 000	1725	1 000 000
1775	410 000	1800	290 000

III. MgO (1,3 mm dick, 10 mm lang).

1. Im Vakuum (etwa 3.10^{-4} mm)		2. In N_2 (1 Atm.)	
1610	1 250 000	1610	580 000
1655	1 000 000	1700	170 000
1700	590 000		
1740	400 000		

IV. ThO_2 (10 mm lang, 1,32 mm stark).

1. Im Vakuum (1.10^{-3} mm)		2. In N_2 (1 Atm.)	
1530	500 000	1540	250 000
1610	230 000	1600	165 000
1690	150 000	1700	105 000

V. BN (10 mm lang, 1,4 mm stark).

1. Im Vakuum ($2-5.10^{-3}$ mm)		2. In N_2 (1 Atm.)	
1680	700 000	1520	10 000 000
1780	160 000	1620	6 000 000
1840	100 000	1750	1 330 000
		1850	590 000
		1930	230 000

Dissoziationsdruck bei 1840° etwa $2-3.10^{-2}$ mm.

Das Material war so rein als möglich, meist „Marke KAHLBAUM zur Analyse". Besondere Sorgfalt wurde auf die Vermeidung von Verunreinigungen durch Bindemittel und Brennen gelegt, desgleichen auf möglichst homogene und dichte Gerinnung[1]). Als

[1]) Über die Vorbehandlung usw. siehe z. B. „Sinterung", Sprechsaal 1917, Heft 8 bis 12.

Digitized by Google

Bindemittel mit dem geringsten Ascherückstand wurde Zelloidinkitt (< 0,01 Proz.) angewandt, so daß die dadurch hineinkommenden Verunreinigungen diese Höhe nicht erreichen konnten, während eine Verwendung des als Bindemittel sich besonders eignenden Tragants unterbleiben mußte, da dadurch Verunreinigungen bis zu 0,5 Proz. entstehen konnten. Die Stäbchen wurden in einem hochgeglühten Ofen aus geschmolzenem Zirkondioxyd auf Bügeln aus gleichem Material vorgebrannt und dann im Knallgasgebläse bis fast zur völligen Dichte gargebrannt.

Auf die Enden des Stäbchens wurde mehrere Millimeter weit eine dichte Spirale aus starkem Wolframdraht fest aufgedreht und durch Anbringen eines reinen sich fest brennenden Kittes [1]) aus gleicher Masse in noch sicheren Kontakt gebracht. An dünneren Drähten war der Maßstab im Öfchen aufgespannt, von denen die Zuleitungen nach den Einschmelzungen führten.

Die Messungen boten reichliche Schwierigkeiten, weil sowohl Wolframstäubungen von der Heizspirale als auch geringe andere Verunreinigungen die Restleitfähigkeiten erheblich erhöhen konnten. Besonders empfindlich war ThO_2. Es sind hier aber nur Werte aufgeführt, bei denen eine folgende Kontrollmessung im Vakuum im wesentlichen gleiche Werte ergab und das Stäbchen auch nach den wiederholten Messungen eine gleiche rein weiße Färbung besaß. Die Reinheit der benutzten Körper war eine relativ hohe, so daß die Restleitfähigkeiten der reinen Körper wohl zum Teil nahe erreicht sind. Besonders unsicher erscheint der quantitative Wert von ThO_2, weil einmal bei diesem geringe Verunreinigungen eine erhebliche Rolle spielen, andererseits bei einigen anderen Messungen, die infolge späterer Stäubung nicht ganz zu Ende geführt werden konnten, erheblich höhere Widerstände gefunden wurden.

Trotzdem läßt sich folgendes erkennen:

Der Widerstand ist verhältnismäßig am größten bei Borstickstoff, der demnach als der bei hohen Temperaturen am besten isolierende Körper anzusehen ist.

Die Größe der Leitfähigkeit läuft bei chemisch verwandten Stoffen mit der Dissoziationsfähigkeit parallel bei diesen hohen Temperaturen, bei denen bei Stoffen wie CaO und MgO sich

[1]) Vgl. Kolloidzeitschr. 22, Heft 2, 1917. „Zur Frage der Plastizität."

Digitized by Google

schon eine merkliche thermische Dissoziation zu zeigen beginnt. So findet sich eine Zunahme des Widerstandes von CaO über MgO zu Al_2O_3, und schließlich wohl zu ThO_2. Der hier für ThO_2 angegebene Wert entspricht noch nicht der Größe des Restwiderstandes.

Ferner zeigt sich die auffallende Tatsache, daß die Widerstände sich im Stickstoff wesentlich kleiner bei gleicher Temperatur als im Vakuum ergeben. Eine Ausnahme bildet Al_2O_3; bei diesem ist der Dissoziationsdruck des Nitrids bei den in Frage kommenden Temperaturen in der Größenordnung einer Atmosphäre. Es liegt nun die Annahme nahe, daß diese Abweichung auf Thermionenströme zurückzuführen wäre. Gewisse Differenzen müssen sich aus der vielleicht etwas im Vakuum und Gase verschiedenen Temperaturverteilung längs des Öfchens ergeben, die aber nicht diese Größenordnung besitzen können. Außerdem tritt bei Al_2O_3 diese Erscheinung bei gleicher Anordnung nicht auf. Stoßionisation erscheint bei dem angewandten hohen Druck und dem hohen Vakuum ausgeschlossen. Ihr Einfluß zeigte sich außerordentlich stark bei Drucken in der Größenordnung eines Zehntel Millimeters. Gegen die Erklärung durch das Einwirken von Thermionenströmen spricht einmal die Tatsache, daß im Stickstoff, also bei hohem Druck, die Werte kleiner sind als im hohen Vakuum, dann aber vor allem das entgegengesetzte Verhalten des Borstickstoffs, bei dem das Füllgas, Stickstoff, die Dissoziation aufhebt. Bei ihm zeigt sich im Stickstoff ein wesentlich größerer Widerstand. Eine Erklärung kann diese Erscheinung durch auftretende Reaktionseffekte finden. Daß solche Reaktionen bei Oxyden mit Stickstoff, vielleicht nur unter Einfluß des elektrischen Stromes, auftreten können, zeigten Versuche, bei denen dünne Stäbchen aus sehr reinem Thoriumoxyd durch eine sehr dichte Wolframwickelung (bis acht Windungen auf 1 mm) sowohl im Vakuum als auch in reinem Stickstoff längere Zeit hochgeglüht wurden. In N_2 wurden die Stäbchen selbst bei Wechselstrom sehr schnell gelblich, schließlich schwarz, sie leiteten dann sehr bald den Strom und wurden zerstört, während sie im Vakuum bei gleicher Temperatur eine vielfach längere Erhitzungsdauer vertrugen.

Den Einfluß der Dissoziation auf die Leitfähigkeit bei diesen hohen Temperaturen ersieht man deutlich aus dem Verhalten des

Digitized by Google

Borstickstoffs[1]). Es wurde dabei sorgfältig darauf geachtet, daß bei der Messung im Vakuum der Dissoziationsdruck nur sehr kurze Zeit während der Messung unterschritten wurde, damit nicht durch etwa frei werdendes Bor eine erhöhte Leitfähigkeit vorgetäuscht wird.

Eine Erklärung können diese Erscheinungen in der Anschauung finden, daß bei genügend hohen Temperaturen und genügender Verdünnung des Gases bei dem Ausgleich und Austausch der Elektronen beim Spalten von Verbindungen (Dissoziieren und Verdampfen) zwischen den entstehenden und zerfallenden Produkten, unter eventuellem Einfluß der Umgebung, stets eine bestimmte Zahl von Elektronen in einen derart labilen Zustand gerät, daß sie durch eine angelegte Spannung genügend beschleunigt werden und dem Verbande entzogen werden können. Ein umgebendes Medium von hoher Dielektrizitätskonstante müßte die Entfernung und Abspaltung von Elektronen bei niederen Temperaturen begünstigen, wenn zerfallende und sich bildende Stoffe vorhanden sind. (Elektrolytische Dissoziation unter Annahme zerfallender und entstehender Komplexe.) Der Einfluß muß sich in Temperaturgefällen zeigen.

Um den Einfluß der Dissoziation auf die Leitfähigkeit zu untersuchen, wurde eine frühere Messung des Widerstandes von Titanstickstoff, TiN, unter diesen Gesichtspunkten wiederholt, sowohl im Stickstoff als auch im Vakuum. Sie bietet infolge der großen Reaktionsfähigkeit des Stoffes gegen Sauerstoff nicht geringe Schwierigkeit, zumal durch Nachsinterung leicht noch Veränderungen eintreten können. Wir haben hier anscheinend einen Körper vor uns, bei dem die anfangs metallische Leitfähigkeit allmählich von einer elektrolytischen überlagert wird.

Die Messung geschah in einem gleichartigen Öfchen von etwas größeren Dimensionen, dessen Temperatur nach Wattverbrauch usw. nach einem auf einem Al_2O_3-Stäbchen aufgewickelten PtRh-Thermoelement bestimmt wurde. Zur Messung war ein TiN-Faden eng um ein Stäbchen aus Borstickstoff gewunden, dessen Widerstand innerhalb dieses Öfchens gemessen wurde.

---

[1]) Über die Herstellung der Borstickstoffstäbchen s. ZS. f. angew. Chem. **30**, 153 ff., 1917.

Digitized by Google

Spirale aus TiN (221 mm lang, 0,48 mm dick).

1. Im Vakuum (etwa 8.10^{-4} mm)		2. In N_2 (1 Atm.)	
t °C	w (im Ohm)	t °C	w (im Ohm)
1000	3,47	1003	3,35
1120	3,63	1260	3,83
1250	3,72	1310	3,92
1320	3,72	1355	4,12
1382	3,76	1435	4,22

Aus diesen Zahlen ersieht man, daß der Widerstand im Stickstoff etwas größer ist. Diese Differenz findet vielleicht ihre Erklärung in Thermionenströmen, die sich stark bemerkbar machen.

Die bekannten Versuche von O. RICHARDSON sprechen nun allerdings gegen einen einfachen Zusammenhang zwischen Elektronenemission und Verdampfung. Immerhin ist es möglich, daß bei derartigen Versuchen ein Rückwandern von Dampf zum Draht infolge von Ladung und Umladung die Resultate und wahren Beziehungen verschleiern kann. Einige Versuche, die im Zusammenhang hiermit angestellt wurden, und die eine Beziehung wahrscheinlich machen, werden noch beschrieben; darüber soll später ausführlicher berichtet werden, wenn eine weitere Kontrolle stattgefunden haben kann. Es mag nur kurz die Versuchsanordnung beschrieben werden.

Die Messung geschah mit Hilfe des gleichen Öfchens an Körpern, die nicht selber durch den Strom geheizt wurden. Ferner wurde nach Möglichkeit ein Raum hergestellt, der mit dem Dampf des betreffenden Metalles gesättigt war, und diese Emission mit der im freien Vakuum verglichen.

Innerhalb des Öfchens wurde ein möglichst dichter, aus Wolframband gewickelter Zylinder isoliert angeordnet, in dessen Achse wiederum sorgfältig durch Quarz oder Al_2O_3-Teile, die an kalten Stellen lagen, isoliert ein sehr dünner Wolframdraht gespannt war. Der Durchmesser dieses Wolframkäfigs war 3 mm. Der Draht trug in seinem mittleren Teile auf 1 cm Länge einen eng aufgepaßten Zylinder aus dem zu untersuchenden Metall, der mehr als zehnmal so stark als der Spanndraht war, so daß die Emission des Drahtes zu vernachlässigen war. Der Wolframkäfig wurde geerdet und an den isolierten Spanndraht eine Spannung bis 220 Volt gelegt, die den entstehenden Strom über einen Wider-

Digitized by Google

stand von 100000 Ohm zur Erde führte. Der Strom wurde durch ein Galvanometer gemessen.

Besonders erschwert wurde die Messung durch den Umstand, daß trotz langem sehr hohem Vorglühen noch nach stundenlangem Glühen eine stetige Abnahme des Stromes eintrat, so daß endgültige quantitative Werte nicht erreicht werden konnten. Die Glühdauer wurde bis auf acht Stunden erstreckt, muß aber anscheinend noch erheblich weiter ausgedehnt werden. Eine Sättigung des Stromes konnte mit den vorhandenen Mitteln nicht erreicht werden. Da die Messungen noch weiter in dieser Richtung kontrolliert werden sollen, sobald sich die Gelegenheit bietet, soll hier nur das qualitative Resultat mitgeteilt werden und genauere Daten über Versuchsanordnung in einer ausführlicheren Mitteilung gegeben werden.

Immerhin zeigte sich unzweifelhaft, daß unter gleichen Bedingungen von Wolfram der geringste Strom ausgesandt wurde, etwas größer war er bei Molybdän, noch größer bei Platin und erheblich am größten bei Eisen. Ferner scheint der Strom im dampferfüllten Raume kleiner zu sein. Ohne angelegte Spannung zeigte sich eine geringe Gegenspannung von wenigen Volt.

Es scheint somit ein bestimmter Zusammenhang zwischen Verdampfung und Elektronenstrom vorzuliegen.

z. Z. 2. Ers.-Abt. des Feldartillerie-Regt. Nr. 51.

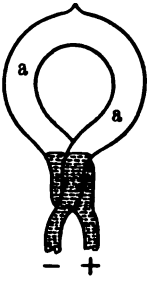
Digitized by Google

Über eine neue Quarzlampe;
von M. Wolfke.

(Eingegangen am 6. September 1917.)

Die bis jetzt im Laboratorium benutzten Quecksilber-Quarzlampen besitzen ein schwach geneigtes, horizontales Leuchtrohr, was unbequem ist, da die meisten optischen Versuche mit vertikalem Spalt ausgeführt werden, so daß es nicht möglich ist, die volle Lichtstärke einer solchen Lampe richtig auszunützen. Der zweite Nachteil dieser Lampen ist, daß sie eine für alle Male eingestellte Kühlung aus Metallrippen besitzen und nur bei gegebener Belastung ruhig brennen.

Fig. 1.



Um diese Nachteile zu beheben, habe ich eine Lampe, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, konstruiert. Die Lampe hat ein vertikales Leuchtrohr *a*, das hier kreisförmig ausgebildet ist, welches jedoch auch eine andere Form (z. B. ∩) haben kann. Das automatische Regulieren der Quecksilberniveaus während des Brennens wird nicht wie sonst mittels einer Quarzkapillare oder eines Konusses an der Kathode bewirkt. Die Elektrodengefäße sind ineinander eingeschmolzen, wie das die Fig. 1 zeigt, was einen vollständigen Wärmeaustausch zwischen der Anode und der Kathode ermöglicht, so daß dadurch ein automatisches Niveauregulieren erzielt wird [1]).

Ich habe bei meinen früheren Versuchen über eine Kadmiumlampe [2]) die Beobachtung gemacht, daß eine Metalldampflampe ohne die Kapillare stabiler brennt und weniger empfindlich gegen Spannungsschwankungen ist.

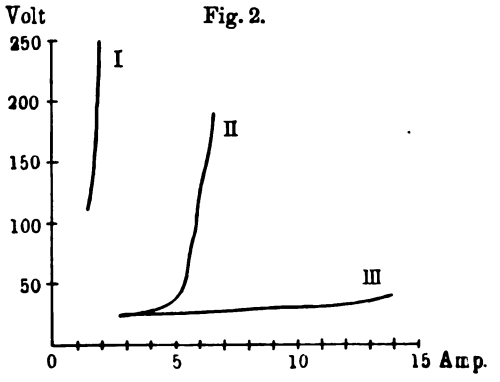
Die Lampe ist mit einer Wasserkühlung in der Weise ausgestattet, daß die Elektrodengefäße in ein kleines Metallgehäuse

[1]) D. R.-P. angemeldet.
[2]) M. Wolfke, Elektrotechn. ZS. **33**, 917, 1912.

Digitized by Google

eingebaut sind, durch welches man Wasser hindurchfließen lassen kann. Je nach der Kühlung brennt die Lampe mit verschiedenen Stromstärken, von 2 Amp. bis 10 Amp. und mit Elektrodenspannungen von 25 Volt bis 250 Volt. Die maximale Kerzenstärke beträgt etwa 5000 HK (gemessen mit einem Kugelphotometer von 3 m Durchmesser). Die Abhängigkeit der Charakteristik der Lampe von der Kühlung ist durch die Kurven in Fig. 2 illustriert. Die Kurve I entspricht einem Brennen der Lampe ohne Wasserkühlung, Kurve II entspricht einer normalen Wasserkühlung und Kurve III dem Fall, wo die ganze Lampe mit Leuchtrohr ins Wasser taucht.

Fig. 2.



Diese Lampe wurde auch für Beleuchtungszwecke durchkonstruiert, und zwar mit einer automatischen Kippzündung. Sie hatte bei 220 Volt Netzspannung und etwa 2,7 Amp. Stromstärke 3000 HK, was einem Verbrauch von etwa 0,2 $\frac{\text{Watt}}{\text{HK}}$ entspricht. Der Vorschaltwiderstand betrug dabei 13 Ohm.

Zürich, Phys. Inst. d. Eidg. Techn. Hochschule, Aug. 1917.

Digitized by Google

1917. *Heft 21/22.*

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel
für reine Physik

Richard Assmann
für kosmische Physik

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn
1917

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 24 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Digitized by Google

Inhalt.

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Seite

Bericht über die Sitzung vom 2. November 1917 241

M. Born, Über die Zerstreuung des Lichtes in Substanzen mit anisotropen Molekeln. (Eingegangen am 23. Oktober 1917) 243

Franz Skaupy, Druckdifferenzen in gleichstromdurchflossenen Edelgasröhren. (Eingegangen am 25. Oktober 1917) 264

G. Hertz, Über den Energieaustausch bei Zusammenstößen zwischen langsamen Elektronen und Gasmolekülen. (Vorgetragen in der Sitzung vom 2. November 1917) 268

2. Halbmonatl. Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik. I. Allgemeine Physik. S. 287 u. 303. — II. Akustik. S. 288 u. 305. — III. Physikalische Chemie. S. 289 u. 305. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 290 u. 307. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 294 u. 308. — VI. Wärme. S. 296 u. 310. — VII. Kosmische Physik. S. 297 u. 312.

Elektrische Mess-Instrumente

Meßbrücken — Galvanometer — Isolationsprüfer — Kabelmeßapparate — Kondensatoren — Widerstände Bandbremsen — Hochspannungsanzeiger nach Zipp — Selbstinduktions-Normalien — Kompensatoren

Kurvenindikator mit Registriertrommel

Land- und Seekabelwerke Aktiengesellschaft

Abt. Apparatebau — Cöln-Nippes

An die Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

1. Wissenschaftliche Mitteilungen, welche in einer Sitzung der Gesellschaft durch ein anwesendes Mitglied vorgelegt werden (§ 21 der Satzungen), erscheinen in der Regel binnen zwei bis drei Wochen in den „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft". Die Vorlage von Mitteilungen in einer Sitzung zu vermitteln, ist der Unterzeichnete jederzeit bereit. Die Mitteilungen sollen in der Regel den Umfang von 8 Druckseiten nicht überschreiten.
2. Anmeldungen von Mitgliedern (§ 13 der Satzungen) können an den Vorsitzenden der Gesellschaft, Herrn Prof. Dr. A. Einstein (Berlin-Wilmersdorf, Wittelsbacherstr. 13), an den Rechnungsführer, Herrn Prof. Dr. E. Jahnke (Berlin W 15, Darmstädterstr. 9) oder an den Unterzeichneten gerichtet werden.
3. Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt für Berliner Mitglieder 20 Mark, für auswärtige Mitglieder 10 Mark, wofür die „Verhandlungen" der Gesellschaft kostenlos geliefert werden. Für den Bezug der „Berichte" (Verhandlungen und Literaturverzeichnis) an Stelle der „Verhandlungen" allein zahlen die Mitglieder einen Zuschlag zu diesen Beträgen von **8 Mark** jährlich. — Alle Zahlungen werden aus dem Inlande durch Zahlkarte, aus dem Auslande durch Postanweisung unter der Adresse
Postscheckkonto: Professor Dr. E. Jahnke, Postscheckamt Berlin Nr. 13434 erbeten.
4. Die auswärtigen Mitglieder, welche die Einladungskarten (Tagesordnungen) für die einzelnen Sitzungen zu erhalten wünschen, haben hierfür eine Gebühr von 1,50 Mark jährlich, ebenfalls auf das obengenannte Postscheckkonto, zu zahlen.

Professor Dr. Karl Scheel, Berlin-Dahlem, Werderstraße 28
Postadresse: Berlin-Lichterfelde 3.

Digitized by Google

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

19. Jahrg. 30. November 1917. Nr. 21/22.

Sitzung vom 2. November 1917.

Vorsitzender: Hr. A. EINSTEIN.

Der Vorsitzende gedenkt der während der Ferien verstorbenen Mitglieder der Gesellschaft

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **E. Pringsheim**
† 28. Juni 1917,

M. Freiherr von Seherr-Thoss
† 11. August 1917,

Prof. Dr. **Marian Ritter von Smoluchowski**
† 5. September 1917,

Dr. **H. Lehmann**
† 22. September 1917,

Prof. Dr. **E. Richter**
† 22. September 1917.

Die Anwesenden erheben sich zu Ehren der Verstorbenen von ihren Sitzen.

Digitized by Google

Hr. **E. Lampe** teilt

Beispiele zur Berechnung der Anziehung eines homogenen Rotationskörpers auf einen Massenpunkt in der Rotationsachse nach dem NEWTONschen Gravitationsgesetz

mit und spricht ferner

Zur Geschichte des Trägheitsgesetzes.

Sodann trägt Hr. **G. Hertz** vor

über den Energieaustausch bei Zusammenstößen zwischen langsamen Elektronen und Gasmolekülen.

Zum Abdruck in den „Verhandlungen" der Gesellschaft sind während der Ferien Mitteilungen eingegangen von den Herren:

M. v. Laue: Bandenspektrum und molekulare Quantendrehungen. (Abgedruckt S. 130—138.)

F. Dessauer: Über einen neuen Hochspannungstransformator und seine Anwendung zur Erzeugung durchdringungsfähiger Röntgenstrahlen. (Abgedruckt S. 155—230.)

Emil Podszus: Widerstände einiger reiner Isolatoren bei hohen Temperaturen, Thermionenströme und Dissoziation. (Abgedruckt S. 231—238.)

M. Wolfke: Über eine neue Quarzlampe. (Abgedruckt S. 239—240.)

M. Born: Über die Zerstreuung des Lichtes in Substanzen mit anisotropen Molekeln. (Abgedruckt S. 243—264.)

Franz Skaupy: Druckdifferenzen in gleichstromdurchflossenen Edelgasröhren.

Digitized by Google

Über die Zerstreuung des Lichtes in Substanzen mit anisotropen Molekeln;

von M. Born.

(Eingegangen am 23. Oktober 1917.)

Einleitung. Die von RAYLEIGH zur Erklärung des Himmelsblaues begründete Theorie der Zerstreuung des Lichtes[1]) beruht auf dem Gedanken, daß die durch die Molekularbewegung spontan eintretenden Dichteschwankungen den Lichtwellen Hindernisse in den Weg legen, an denen sie sich zersplittern. Bekanntlich sind bei Flüssigkeiten diese Dichteschwankungen im allgemeinen so klein, daß nach der Theorie keine merkliche Lichtzerstreuung zustande kommen sollte; nur in der Nähe des kritischen Zustandes, wo die Kompressibilität sehr groß wird, muß die Zerstreuung als das Phänomen der „kritischen Opaleszenz“[2]) in Erscheinung treten.

Nun gibt es aber Substanzen, deren Molekeln anisotrop sind, und dann ist noch eine andere Art von Opaleszenz zu erwarten, die auf den Schwankungen der Orientierung beruht. Insbesondere muß dies bei den flüssigen Kristallen eintreten, deren Molekeln sicherlich einen besonders hohen Grad von Anisotropie haben. Tatsächlich zeigen viele flüssige Kristalle sehr auffallende Schillerfarben, die man wohl nur als zerstreutes Licht auffassen kann[3]). Ich will im folgenden die Theorie der neuen Art von Opaleszenz entwickeln, aber nur für isotrope Substanzen mit anisotropen Molekeln unter der Annahme, daß die Stellung jeder Molekel

[1]) Lord RAYLEIGH, Phil. Mag. (4) **41**, 107 u. 447, 1871; (5) **47**, 375, 1899; abgedruckt in Scientific Papers, Bd. I, Nr. 8, 9, Bd. IV, Nr. 247.

[2]) M. v. SMOLUCHOWSKI, Ann. d. Phys. (4) **25**, 205, 1908. Eine Übersicht über die an diese berühmte Arbeit anschließende Literatur gibt der Bericht, den J. PERRIN dem Solvay-Kongreß (30. Okt. bis 3. Nov. 1911) erstattet hat; abgedruckt in „Die Theorie der Strahlung und der Quanten.“ Deutsch v. A. EUCKEN. Halle a. S. 1914. S. 177 ff.

[3]) Auf die spontanen Schwankungen der Orientierung bei flüssigen Kristallen macht J. PERRIN in dem zitierten Berichte (Solvay-Kongreß) aufmerksam (S. 186); es handelt sich dabei aber nicht um eine Opaleszenz, sondern um Szintillationen, die MAUGUIN beobachtet hat.

Digitized by Google

von den Stellungen der übrigen unabhängig ist. Diese Voraussetzung ist streng nur bei den Gasen erfüllt; die Behandlung der Flüssigkeiten, insbesondere der kristallinischen, bei denen die anisotropen Molekeln sich um eine ausgezeichnete Richtung gruppieren, behalte ich mir für später vor[1]).

§ 1. Die Zerstreuung infolge Dichteschwankungen. Wir bringen zunächst die bekannte, auf Dichteschwankungen aufgebaute Theorie der Zerstreuung auf eine besonders einfache Form, von der sich der Übergang zu den Richtungsschwankungen leicht vollziehen läßt.

Wenn eine ebene Lichtwelle ein elektrische Resonatoren enthaltendes isotropes Medium durchsetzt, so ist der Vorgang der Wechselwirkung zwischen den Resonatoren und der Welle so zu beschreiben: Die Welle bringt die Resonatoren zum Mitschwingen, dadurch strahlt jeder Resonator selbst eine Kugelwelle aus, und alle diese Kugelwellen überlagern sich derart, daß sie bei ganz gleichmäßiger Raumverteilung der Resonatoren im Mittel mit der ursprünglichen Welle wieder zu einer ebenen Welle von geänderter Geschwindigkeit verschmelzen. Dementsprechend berechnet man die Brechung, indem man zunächst das bei den erzwungenen Schwingungen entstehende elektrische Moment $\mathfrak{p}$ der einzelnen Molekel bildet, daraus durch Mittelbildung das Moment $\mathfrak{P}$ der Volumeneinheit herstellt und damit in die MAXWELLschen Gleichungen eingeht. Ist aber die Raumverteilung der Resonatoren nicht ganz gleichmäßig, sondern schwankt ihre Dichte nach den Gesetzen der statistischen Mechanik, so vereinigen sich die einzelnen Kugelwellen nicht genau zu einer ebenen Welle, sondern ein Teil ihrer Energie läuft weiter in Kugelwellenform als zerstreutes Licht in den Raum. Ist n die in einem kleinen Volumen V enthaltene Anzahl der Molekeln, so ist ein Maß für die Dichteschwankungen das mittlere Schwankungsquadrat $\overline{(\Delta n)^2}$; aus diesem entsteht durch Multiplikation mit dem Quadrate der Komponente von $\mathfrak{p}$ in der Richtung eines Einheitsvektors $\mathfrak{q}$ das

[1]) Die merkwürdige Beobachtung, daß das Opaleszenzlicht mancher flüssigen Kristalle zirkular polarisiert ist, glaube ich dadurch erklären zu müssen, daß diese Kristalle zirkularen Pleochroismus zeigen und darum von dem zerstreuten Lichte nur die Komponente eines bestimmten Rotationssinnes ungeschwächt austreten lassen. An und für sich kann zerstreutes Licht natürlich nie zirkular polarisiert sein.

Digitized by Google

mittlere Schwankungsquadrat des Moments des Volumens V $\mathfrak{p}_q^2 (\overline{\Delta n})^2$ in dieser Richtung, wobei vorausgesetzt ist, daß das Moment $\mathfrak{p}$ der einzelnen Molekel selbst keinen Schwankungen unterworfen ist. Die Schwankungen des Moments des Volumens V um seinen Mittelwert sind nun die Quelle der zerstreuten Strahlung, die man nach den bekannten Dipolformeln von H. HERTZ berechnen kann. Danach erzeugt ein Dipol vom Momente $\mathfrak{m} \cos \omega t$ ein elektromagnetisches Feld, dessen Amplitude in größerem Abstande durch die Formeln [1])

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{E} &= -\frac{\omega^2}{4\pi c^2}\frac{1}{r^3}[\mathfrak{r}[\mathfrak{r}\mathfrak{m}]], \\ \mathfrak{H} &= \frac{\omega^2}{4\pi c^2}\frac{1}{r^2}[\mathfrak{r}\mathfrak{m}] \end{aligned}\right\} \qquad 1)$$

gegeben ist; dabei ist c die Lichtgeschwindigkeit, $\mathfrak{r}$ der vom Dipol nach dem Aufpunkte gezogene Vektor und r sein Betrag.

Ist nun $\mathfrak{q}$ ein vom Aufpunkte ausgehender, auf $\mathfrak{r}$ senkrechter Einheitsvektor, also $(\mathfrak{q}\mathfrak{r}) = 0$, so ist die Komponente der als Vektor der Lichtschwingung geltenden elektrischen Feldstärke $\mathfrak{E}$ in der Richtung von $\mathfrak{q}$

$$\begin{aligned} \mathfrak{E}_q = (\mathfrak{E}\mathfrak{q}) &= -\frac{\omega^2}{4\pi c^2}\frac{1}{r^3}(\mathfrak{q}, [\mathfrak{r}[\mathfrak{r}\mathfrak{m}]]) \\ &= -\frac{\omega^2}{4\pi c^2}\frac{1}{r^3}([\mathfrak{r}\mathfrak{m}], [\mathfrak{q}\mathfrak{r}]) \\ &= \frac{\omega^2}{4\pi c^2}\frac{(\mathfrak{m}\mathfrak{q})}{r}. \end{aligned}$$

Schwankt das Moment $\mathfrak{m}$ und damit das ausgesandte Strahlungsfeld, so ist das Quadratmittel der Komponente des Lichtvektors in der Richtung $\mathfrak{q}$

$$\overline{\mathfrak{E}_q^2} = \overline{(\mathfrak{E}\mathfrak{q})^2} = \frac{\omega^4}{(4\pi)^2 c^4}\frac{\overline{(\mathfrak{m}\mathfrak{q})^2}}{r^2} = \frac{\pi^2}{\lambda^4 r^2}\overline{\mathfrak{m}_q^2}. \qquad 2)$$

Dies ist die Lichtstärke [2]), die ein Analysator von der Schwingungsrichtung $\mathfrak{q}$ durchlassen würde; $\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}$ ist die

[1]) Wir benutzen rationelle Einheiten.

[2]) Die Lichtstärke ist eigentlich der Energiefluß durch die Flächeneinheit, bestimmt durch den POYNTINGschen Vektor, und unterscheidet sich von dem Quadrate der Feldstärke um einen Faktor, der vom Brechungsindex abhängt. Wenn aber der primäre und der zerstreute Strahl im selben Medium beobachtet werden, hebt sich dieser Faktor aus den Formeln fort, die die

Digitized by Google

Wellenlänge im Vakuum. Setzt man nun hier für $\overline{m_q^2}$ das Schwankungsquadrat des Moments des Volumens V in der Richtung q

$$\overline{m_q^2} = \mathfrak{p}_q^2 \overline{(\Delta n)^2},$$

so erhält man den auf die Schwingungsrichtung q entfallenden Anteil der zerstreuten Strahlung:

$$\overline{\mathfrak{E}_q^2} = \frac{\pi^2}{\lambda^4 r^2} \mathfrak{p}_q^2 \overline{(\Delta n)^2}. \qquad 3)$$

Die RAYLEIGHsche Formel entsteht daraus einfach, indem man einmal $\mathfrak{p}$ durch die erregende Feldstärke E und die optische Dielektrizitätskonstante ε ausdrückt, andererseits die Dichteschwankung $\overline{(\Delta n)^2}$ nach den Gesetzen der statistischen Mechanik berechnet.

Ist E der Betrag der erregenden Feldstärke und ψ der Winkel zwischen ihrer Richtung und q, so ist die Komponente des mittleren Moments der Volumeneinheit in der Richtung q

$$\mathfrak{P}_q = N\mathfrak{p}_q = (\varepsilon - 1) E \cos\psi, \qquad 4)$$

wo N die Anzahl der Molekeln in der Volumeneinheit ist. Daraus folgt:

$$\mathfrak{p}_q = \frac{\varepsilon - 1}{N} E \cos\psi. \qquad 4')$$

Ferner ist bekanntlich für ein Gas[1])

$$\overline{(\Delta n)^2} = \bar{n} = NV. \qquad 5)$$

Dann ergibt sich durch Einsetzen:

$$\overline{\mathfrak{E}_q^2} = \frac{\pi^2 (\varepsilon - 1)^2 V}{\lambda^4 r^2 N} E^2 \cos^2\psi. \qquad 6)$$

Das ist im wesentlichen die RAYLEIGHsche Formel, nur insoweit allgemeiner geschrieben, als die Polarisationserscheinungen des zerstreuten Lichtes zum Ausdrucke gebracht sind; wir werden darauf sogleich eingehen.

Stärke des zerstreuten Lichtes im Verhältnis zur primären Lichtstärke ausdrücken. Wir lassen diesen Faktor daher ganz fort und sprechen das Quadrat der elektrischen Feldstärke als Intensität des Lichtes an.

[1]) Vgl. etwa H. A. LORENTZ, Les Théories statistiques en Thermodynamique. Leipzig 1916. S. 38.

Digitized by Google

Für eine Flüssigkeit aber ist[1])

$$\overline{(\Delta n)^2} = N^2 V \frac{kT}{\varrho \frac{\partial p}{\partial \varrho}}, \qquad 7)$$

also

$$\overline{\mathfrak{E}_q^2} = \frac{\pi^2(\varepsilon-1)^2 kTV}{\lambda^4 r^2 \varrho \frac{\partial p}{\partial \varrho}} E^2 \cos^2\psi, \qquad 8)$$

wobei ϱ die Dichte, T die absolute Temperatur, p den Druck, k die MAXWELL-BOLTZMANNsche Konstante bedeuten.

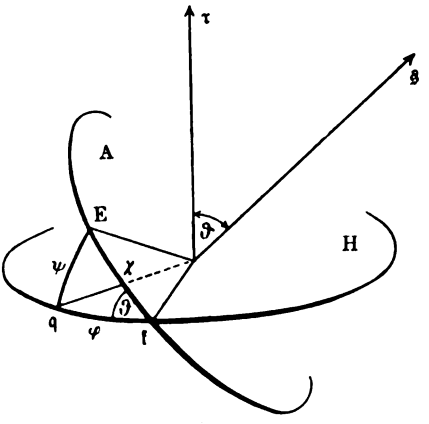
Wir wollen noch kurz die wohl bekannten Polarisationsverhältnisse erörtern und schreiben dazu die Gleichungen 6) und 8) in der Form

$$\overline{\mathfrak{E}_q^2} = AE^2 \cos^2\psi.$$

Die auf der Blickrichtung senkrechte Ebene, der „Horizont" H, enthält die Schwingungsrichtung des Analysators.

$\mathfrak{s}$ sei ein Vektor in der Richtung der Wellennormale; die auf diesem senkrechte Ebene, der „Äquator" A, enthält die Schwingungsrichtung E der erregenden Welle.

Fig. 1.



Die Schnittlinie der Ebenen A und H, die „Knotenlinie" $\mathfrak{t}$, werde als Nullrichtung für die Zählung der Winkel genommen, die die Richtungen $\mathfrak{q}$ und E bestimmen, nämlich in der Horizontalebene H der die Analysatorstellung bestimmende Winkel φ zwischen $\mathfrak{q}$ und $\mathfrak{t}$, in der Äquatorebene A der die primäre Schwingungsrichtung bestimmende Winkel χ zwischen E und $\mathfrak{t}$.

Der Winkel zwischen der Blickrichtung $\mathfrak{r}$ und der Wellennormale $\mathfrak{s}$ sei ϑ.

[1]) Diese Formel stammt aus der zitierten Arbeit von SMOLUCHOWSKI. Die schönste und vollständigste Darstellung der allgemeinen Schwankungsgesetze findet sich in dem eben genannten Buche von H. A. LORENTZ, Note V, S. 86; die oben gebrauchte Formel S. 95.

Digitized by Google

Dann gibt das sphärische Dreieck $E\mathfrak{q}$ für den Winkel ψ zwischen primärer und sekundärer Schwingungsrichtung

$$\cos\psi = \cos\varphi\cos\chi + \sin\varphi\sin\chi\cos\vartheta. \qquad 9)$$

Wir betrachten einige Spezialfälle.

1. Ist die primäre Strahlung unpolarisiert und bedeutet E^2 ihre Gesamtintensität, so ist die Intensität der in der Richtung $\mathfrak{q}$ schwingenden, zerstreuten Strahlung

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\overline{\mathfrak{E}_\mathfrak{q}^2}\,d\chi = AE^2\tfrac{1}{2}(\cos^2\varphi + \sin^2\varphi\cos^2\vartheta).$$

a) Ist insbesondere die Blickrichtung dem primären Strahle parallel ($\vartheta = 0$), so hat der Faktor von AE^2 den von φ unabhängigen Wert $\frac{1}{2}$; die zerstreute Strahlung ist also unpolarisiert und ihre Intensität (doppelt so groß wie die Komponente nach $\mathfrak{q}$) gleich AE^2.

b) Ist die Blickrichtung auf dem primären Strahle senkrecht $\left(\vartheta = \frac{\pi}{2}\right)$, so ist die Intensität parallel $\mathfrak{q}$ gleich $\frac{1}{2}AE^2\cos^2\varphi$; die sekundäre Strahlung ist also total polarisiert und ihre Schwingungsrichtung steht auf dem primären Strahle senkrecht.

2. Betrachtet man das zerstreute Licht ohne Analysator, so ist die Intensität des zerstreuten Lichtes

$$\int_0^{2\pi}\overline{\mathfrak{E}_\mathfrak{q}^2}\,d\varphi = AE^2\pi(\cos^2\chi + \sin^2\chi\cos^2\vartheta).$$

a) Ist die Blickrichtung dem primären Strahle parallel ($\vartheta = 0$), so ist die Intensität des zerstreuten Lichtes πAE^2, also von der Polarisationsrichtung des primären unabhängig.

b) Steht die Blickrichtung auf dem primären Strahle senkrecht $\left(\vartheta = \frac{\pi}{2}\right)$, so ändert sich die zerstreute Intensität, wenn das Auge den primären Strahl umkreist, nach dem Gesetze $AE^2\pi\cos^2\chi$, hat also ein Maximum senkrecht auf der primären Schwingungsrichtung ($\chi = 0$) und verschwindet parallel zu dieser $\left(\chi = \frac{\pi}{2}\right)$.

Digitized by Google

3. Ist der primäre Strahl unpolarisiert von der Gesamtintensität E^2, und betrachtet man ihn ohne Analysator, so ist die Intensität des zerstreuten Lichtes

$$2 \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \overline{\mathfrak{E}_q^2} d\varphi d\chi = AE^2 \pi (1 + \cos^2 \vartheta).$$

Sie hat also parallel zum einfallenden Strahle ein Maximum, senkrecht dazu ein Minimum, das gleich der Hälfte des Maximums ist.

4. Die gesamte zerstreute Energie, die von einem nicht polarisierten primären Strahle der Intensität E^2 herrührt, ist

$$2 \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \overline{\mathfrak{E}_q^2} \, d\varphi \, d\chi \, \sin\vartheta \, d\vartheta = \frac{8\pi}{3} AE^2.$$

Setzt man hier für A den Wert aus der Formel 6), so erhält man die bekannte Formel für die Gesamtzerstreuung eines Gases [1])

$$\frac{8\pi^3 (\varepsilon - 1)^2 V}{3\lambda^4 r^2 N} E^2.$$

§ 2. Die Richtungsschwankungen des elektrischen Moments. Die voranstehenden Überlegungen beruhen auf der Annahme, daß die Komponente $\mathfrak{p}_q$ des Moments einer Molekel nach einer beliebigen Richtung q keinen Schwankungen unterworfen ist. In der Tat ist das der Fall, wenn das Moment von einem einzelnen, isotrop gebundenen Elektron herrührt, wie es in der gewöhnlichen Dispersionstheorie betrachtet wird. Sobald aber das Kraftfeld, in dem das Elektron schwingt, anisotrop ist, oder allgemeiner, sobald die Molekel eine Anzahl miteinander gekoppelter, geladener Partikel enthält, muß die Komponente des elektrischen Moments $\mathfrak{p}_q$ nach einer im Raume festen Richtung Schwankungen unterworfen sein, weil die Richtung der Molekel durch die Wärmebewegung sich dauernd ändert.

Wir wollen voraussetzen, daß die Dichteschwankungen und die Richtungsschwankungen voneinander unabhängig sind; man kann dann die letzteren für sich berechnen unter der Annahme, daß die Anzahl der im Volumen V enthaltenen Molekeln konstant gleich ihrer mittleren Anzahl $\bar{n} = NV$ ist. Wir numerieren nun

[1]) Vgl. etwa H. A. Lorentz, l. c., S. 86.

Digitized by Google

die in V enthaltenen Molekeln von 1 bis $\bar{n}$ und versehen demgemäß ihre Momente mit Indizes $\mathfrak{p}^{(1)}, \ldots \mathfrak{p}^{(i)}, \ldots \mathfrak{p}^{(\bar{n})}$. Dann ist die Komponente des Moments des Volumens V nach der Richtung q:

$$\sum_{i=1}^{\bar{n}} \mathfrak{p}_q^{(i)}.$$

Das mittlere Schwankungsquadrat davon beträgt

$$\overline{\left(\Delta \sum_{i=1}^{\bar{n}} \mathfrak{p}_q^{(i)}\right)^2} = \overline{\left(\sum_{i=1}^{\bar{n}} \Delta \mathfrak{p}_q^{(i)}\right)^2},$$

wo $\Delta \mathfrak{p}_q^{(i)}$ die Schwankung der Komponente des Moments der i-ten Molekel ist; natürlich ist $\overline{\Delta \mathfrak{p}_q^{(i)}} = 0$.

Nun machen wir die Annahme, daß die Richtungsschwankungen aller Molekeln voneinander unabhängig sind; dann verschwinden die Mittelwerte der Produkte $\Delta \mathfrak{p}_q^{(i)} \Delta \mathfrak{p}_q^{(j)}$ und es ergibt sich

$$\overline{\left(\sum_{i=1}^{\bar{n}} \Delta \mathfrak{p}_q^{(i)}\right)^2} = \sum_{i=1}^{\bar{n}} \overline{(\Delta \mathfrak{p}_q^{(i)})^2} = \bar{n} \overline{(\Delta \mathfrak{p}_q)^2},$$

weil die Schwankungsquadrate aller Molekeln im Mittel einander gleich sind.

Um die durch die Richtungsschwankungen bewirkte Zerstreuung des Lichtes zu finden, haben wir diesen Ausdruck in die Formel 2) für $\overline{\mathfrak{m}_q^2}$ einzusetzen; dann erhalten wir

$$\overline{\mathfrak{E}_q^2} = \frac{\pi^2 N V}{\lambda^4 r^2} \overline{(\Delta \mathfrak{p}_q)^2}. \qquad 10)$$

Es bleibt also nur noch die Aufgabe, das mittlere Schwankungsquadrat des Moments für eine einzelne Molekel zu berechnen.

Nun ist

$$\Delta \mathfrak{p}_q = \mathfrak{p}_q - \bar{\mathfrak{p}}_q,$$

also

$$\overline{(\Delta \mathfrak{p}_q)^2} = \overline{\mathfrak{p}_q^2} - \bar{\mathfrak{p}}_q^2 \qquad 11)$$

Unsere Aufgabe ist also gelöst, sobald wir $\mathfrak{p}_q$ als Funktion der Orientierung der Molekel angeben können; denn dann läßt sich für isotrope Verteilung, d. h. für gleiche Wahrscheinlichkeit aller Orientierungen, sowohl der Mittelwert der Momentenkomponente $\bar{\mathfrak{p}}_q$ als auch der des Quadrats $\overline{\mathfrak{p}_q^2}$ durch leichte Rechnung ermitteln. Hierzu ist aber ein bestimmtes Modell für die Molekel notwendig.

Digitized by Google

§ 3. Das elektrische Moment einer Molekel unter der Wirkung einer Lichtwelle. Wir nehmen an, daß die Molekel s Partikel mit den Massen $m_1, m_2, \ldots m_k, \ldots m_s$ und den Ladungen $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots \varepsilon_k, \ldots \varepsilon_s$ enthalte, die ein mechanisches, durch Zentralkräfte gekoppeltes System bilden. Die Partikel sollen bestimmte Gleichgewichtslagen haben; die Komponenten der unendlich kleinen Verrückung der k-ten Partikel aus der Gleichgewichtslage bezeichnen wir mit U_k, V_k, W_k. Dann lauten die Gleichungen für die kleinen Schwingungen des Systems unter der Wirkung einer äußeren Kraft X_k, Y_k, Z_k:

$$\left.\begin{aligned} m_k \ddot{U}_k &= \sum_{k'=1}^{s} (A_{kk'} U_{k'} + G_{kk'} V_{k'} + F_{kk'} W_{k'}) + X_k, \\ m_k \ddot{V}_k &= \sum_{k'=1}^{s} (G_{kk'} U_{k'} + B_{kk'} V_{k'} + E_{kk'} W_{k'}) + Y_k, \\ m_k \ddot{W}_k &= \sum_{k'=1}^{s} (F_{kk'} U_{k'} + E_{kk'} V_{k'} + C_{kk'} W_{k'}) + Z_k, \end{aligned}\right\} \qquad 12)$$

wobei

$$A_{kk'} = A_{k'k}, \ldots E_{kk'} = E_{k'k}, \ldots \qquad 12')$$

sein muß.

Die Kraft rühre von einer Lichtwelle von der Frequenz ω her; indem wir das Verhältnis von Molekeldurchmesser zur Wellenlänge als verschwindend klein annehmen, können wir setzen

$$X_k = \varepsilon_k \mathfrak{R}_x e^{i\omega t}, \quad Y_k = \varepsilon_k \mathfrak{R}_y e^{i\omega t}, \quad Z_k = \varepsilon_k \mathfrak{R}_z e^{i\omega t}. \qquad 13)$$

Dabei ist $\mathfrak{R}$ die auf einen Einheitspol innerhalb der Materie wirkende Kraft, die bekanntlich mit der elektrischen Feldstärke der Welle $\mathfrak{E}$ und dem elektrischen Momente der Volumeneinheit $\mathfrak{P}$ durch die Formel

$$\mathfrak{R} = \mathfrak{E} + \tfrac{1}{3}\mathfrak{P} \qquad 14)$$

zusammenhängt [1]).

Die Lösung der Schwingungsgleichungen 12), die dem stationären Zustande entspricht, hat die Form

$$U_k = \xi_k e^{i\omega t}, \quad V_k = \eta_k e^{i\omega t}, \quad W_k = \zeta_k e^{i\omega t}. \qquad 15)$$

[1]) Da die Theorie in dieser Form eigentlich nur für Gase gilt, würde es genügen, $\mathfrak{R}$ mit $\mathfrak{E}$ zu identifizieren; wir operieren der Allgemeinheit wegen mit dem vollständigeren Ansatze.

Digitized by Google

Die Amplituden ξ_k, η_k, ζ_k müssen den Gleichungen

$$\left.\begin{array}{l} m_k \omega^2 \xi_k + \sum\limits_{k'} (A_{kk'} \xi_{k'} + G_{kk'} \eta_{k'} + F_{kk'} \zeta_{k'}) = -\varepsilon_k \mathfrak{K}_x \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \end{array}\right\} \quad 16)$$

genügen.

Um diese in einfacher Weise aufzulösen, benutzen wir die Lösungen der zugehörigen homogenen Gleichungen, deren rechte Seiten Null sind.

Die letzteren sind nur lösbar, wenn die Determinante verschwindet; das gibt eine algebraische Gleichung $3s$-ten Grades für ω^2, deren Wurzeln

$$\omega_1^2, \ \omega_2^2, \ldots \omega_j^2, \ldots \omega_{3s}^2$$

seien. Zu jeder Wurzel ω_j^2 gehört eine Lösung

$$\xi_k = \alpha_{kj}, \quad \eta_k = \beta_{kj}, \quad \zeta_k = \gamma_{kj} \quad \begin{pmatrix} k = 1, 2, \ldots s \\ j = 1, 2, \ldots 3s \end{pmatrix} \quad 17)$$

der Gleichungen, die man so normieren kann, daß die Bedingungen

$$\left.\begin{array}{l} \sum\limits_k m_k (\alpha_{kj}^2 + \beta_{kj}^2 + \gamma_{kj}^2) = 1, \\ \sum\limits_k m_k (\alpha_{kj} \alpha_{ki} + \beta_{kj} \beta_{ki} + \gamma_{kj} \gamma_{ki}) = 0, \ j \neq i, \end{array}\right\} \quad 18)$$

erfüllt sind.

Dann lauten die Lösungen der inhomogenen Gleichungen 16):

$$\xi_k = \sum_j \frac{\alpha_{kj} K_j}{\omega_j^2 - \omega^2}, \quad \eta_k = \sum_j \frac{\beta_{kj} K_j}{\omega_j^2 - \omega^2}, \quad \zeta_k = \sum_j \frac{\gamma_{kj} K_j}{\omega_j^2 - \omega^2}, \quad 19)$$

wo

$$K_j = \sum_k (\alpha_{kj} \varepsilon_k \mathfrak{K}_x + \beta_{kj} \varepsilon_k \mathfrak{K}_y + \gamma_{kj} \varepsilon_k \mathfrak{K}_z) \quad 20)$$

gesetzt ist. Man kann das durch Einsetzen verifizieren.

Jetzt bilden wir die Amplituden der Komponenten des elektrischen Moments

$$\mathfrak{p}_x = \sum_k \varepsilon_k \xi_k, \qquad \mathfrak{p}_y = \sum_k \varepsilon_k \eta_k, \qquad \mathfrak{p}_z = \sum_k \varepsilon_k \zeta_k. \quad 21)$$

Digitized by Google

Dabei führen wir zur Abkürzung die Vektoren $\mathfrak{L}^{(j)} (j = 1, 2, \ldots 3s)$ ein, deren Komponenten

$$\mathfrak{L}_x^{(j)} = \sum_k \varepsilon_k \alpha_{kj}, \quad \mathfrak{L}_y^{(j)} = \sum_k \varepsilon_k \beta_{kj}, \quad \mathfrak{L}_z^{(j)} = \sum_k \varepsilon_k \gamma_{kj} \qquad 22)$$

sind und die die Momente bei den freien Schwingungen der Molekel darstellen. Dann wird offenbar

$$K_j = (\mathfrak{L}^{(j)}, \mathfrak{K}) \qquad 20')$$

und wir erhalten:

$$\mathfrak{p} = \sum_j \frac{\mathfrak{L}^{(j)} (\mathfrak{L}^{(j)}, \mathfrak{K})}{\omega_j^2 - \omega^2}. \qquad 23)$$

Damit ist das Moment der Molekel als Funktion der erregenden Kraft dargestellt mit Koeffizienten, die sich aus den Komponenten der Vektoren $\mathfrak{L}^{(j)}$ quadratisch aufbauen. Diese Vektoren $\mathfrak{L}^{(j)}$ sind mit der Molekel starr verbunden zu denken. Die Kraft $\mathfrak{K}$ dagegen hat eine bestimmte Lage im Raume. Bilden wir nun die Komponente

$$\mathfrak{p}_q = (\mathfrak{p}\,\mathfrak{q}) = \sum_j \frac{(\mathfrak{L}^{(j)}\,\mathfrak{q})\,(\mathfrak{L}^{(j)}\mathfrak{K})}{\omega_j^2 - \omega^2}, \qquad 24)$$

so hängt deren Wert von der Orientierung der Molekel im Raume ab.

§. 4. Der Mittelwert des Moments und seines Quadrats für eine einzelne Molekel und die neue Zerstreuungsformel. Es ist bequem, die x-Achse in die Richtung der Kraft $\mathfrak{K}$ zu legen; dann wird

$$\mathfrak{p}_q = \sum_j \frac{\mathfrak{L}_x^{(j)}\,(\mathfrak{L}^{(j)}\,\mathfrak{q})}{\omega_j^2 - \omega^2}\,|\mathfrak{K}| \qquad 25)$$

und

$$\mathfrak{p}_q^2 = \sum_j \sum_i \frac{\mathfrak{L}_x^{(j)}\,\mathfrak{L}_x^{(i)}\,(\mathfrak{L}^{(j)}\,\mathfrak{q})\,(\mathfrak{L}^{(i)}\,\mathfrak{q})}{(\omega_j^2 - \omega^2)\,(\omega_i^2 - \omega^2)}\,\mathfrak{K}^2. \qquad 26)$$

Wenn wir nun die Mittelwerte $\overline{\mathfrak{p}_q}$ und $\overline{\mathfrak{p}_q^2}$ berechnen wollen, so haben wir offenbar die Mittel der Produkte von je zwei und je vier Komponenten der mit der Molekel fest verbundenen Vektoren $\mathfrak{L}^{(j)}$ und $\mathfrak{L}^{(i)}$ zu bestimmen. Wir werden daher zu folgender Hilfsbetrachtung geführt:

Digitized by Google

$\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ seien zwei fest mit der Molekel verbundene Vektoren; ihre Komponenten auf ein im Raume festes Koordinatensystem xyz ändern sich mit der Lage der Molekel. Gesucht sind für eine isotrope Verteilung der Molekeln die Mittelwerte

$$\overline{\mathfrak{A}_x^2}, \qquad \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_y}, \qquad \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_z}$$

und

$$\begin{array}{lll} \overline{\mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x^2}, & \overline{\mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_y}, & \overline{\mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_z}, \\ \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_y \mathfrak{B}_x^2}, & \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_y \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_y}, & \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_y \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_z}, \\ \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_z \mathfrak{B}_x^2}, & \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_z \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_y}, & \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_z \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_z}, \end{array}$$

ausgedrückt durch Größen, die von der Lage der Molekel nicht abhängen.

Als solche Invarianten kommen nur die skalaren Produkte

$$(\mathfrak{A}\mathfrak{A}), \qquad (\mathfrak{B}\mathfrak{B}), \qquad (\mathfrak{A}\mathfrak{B})$$

und Funktionen von ihnen in Betracht.

Da die Mittelwerte von jeder Drehung des Koordinatensystems unabhängig sein müssen, so verschwinden sie sämtlich, außer

$$\overline{\mathfrak{A}_x^2}, \qquad \overline{\mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x^2}, \qquad \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_y \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_y}, \qquad \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_z \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_z};$$

denn unter den Drehungen sind auch die Umklappungen um die Koordinatenachsen, bei denen immer die Komponenten nach zwei Achsen ihr Vorzeichen umkehren. Ferner folgt aus der Invarianz gegen Drehungen um $\pi/2$ um die Achsen

$$\overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_y \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_y} = \overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_z \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_z} \tag{27}$$

und

$$\overline{\mathfrak{A}_x^2} = \overline{\mathfrak{A}_y^2} = \overline{\mathfrak{A}_z^2},$$

also

$$\overline{\mathfrak{A}_x^2} = \tfrac{1}{3}(\mathfrak{A}, \mathfrak{A}) = \tfrac{1}{3}\mathfrak{A}^2. \tag{28}$$

Aus der Identität

$$\begin{aligned}(\mathfrak{A}\mathfrak{B})^2 = {} & \mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x^2 + \mathfrak{A}_y^2 \mathfrak{B}_y^2 + \mathfrak{A}_z^2 \mathfrak{B}_z^2 \\ & + 2(\mathfrak{A}_y \mathfrak{A}_z \mathfrak{B}_y \mathfrak{B}_z + \mathfrak{A}_z \mathfrak{A}_x \mathfrak{B}_z \mathfrak{B}_x + \mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_y \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_y)\end{aligned}$$

folgt in ähnlicher Weise:

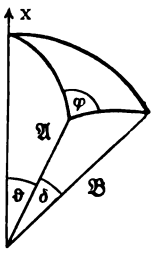
$$3\,\overline{\mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x^2} + 6\,\overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_y \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_y} = (\mathfrak{A}\mathfrak{B})^2. \tag{29}$$

Es bleibt daher nur der eine Mittelwert $\overline{\mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x^2}$ zu berechnen.

Digitized by Google

Hierzu denken wir uns die beiden Vektoren $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ von demselben Punkte der Molekel ausgehend und bezeichnen mit ϑ den Winkel zwischen $\mathfrak{A}$ und der x-Achse, mit φ den Winkel zwischen den Ebenen $\mathfrak{A}$, x und $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ und mit δ den Winkel zwischen $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$ selbst. Dann kann man sämtliche Stellungen des starr verbundenen Vektorpaares erhalten, indem man die Ebene $\mathfrak{A}$, x um die x-Achse rotieren und außerdem ϑ von 0 bis π, φ von 0 bis 2π variieren läßt. Nun ist offenbar

Fig. 2.



$$\mathfrak{A}_x = |\mathfrak{A}| \cos\vartheta,$$

$$\mathfrak{B}_x = |\mathfrak{B}| . (\cos\vartheta \cos\delta + \sin\vartheta \sin\delta \cos\varphi),$$

also

$$\mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x^2 = \mathfrak{A}^2 . \mathfrak{B}^2 . \cos^2\vartheta \, (\cos\vartheta \cos\delta + \sin\vartheta \sin\delta \cos\varphi)^2.$$

Daraus folgt:

$$\overline{\mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x^2} = \mathfrak{A}^2 . \mathfrak{B}^2 . \int_0^{\pi} \frac{\sin\vartheta \, d\vartheta}{2} \int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{2\pi} (\cos^4\vartheta \cos^2\delta$$

$$+ \cos^2\vartheta \sin^2\vartheta \sin^2\delta \cos^2\varphi + 2\cos^3\vartheta \sin\vartheta \cos\delta \sin\delta \cos\varphi),$$

oder

$$\overline{\mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x^2} = \mathfrak{A}^2 . \mathfrak{B}^2 . (\tfrac{1}{5}\cos^2\delta + \tfrac{1}{15}\sin^2\delta),$$

$$= \mathfrak{A}^2 . \mathfrak{B}^2 . \tfrac{1}{15}(1 + 2\cos^2\delta).$$

Da nun $(\mathfrak{A}\mathfrak{B}) = |\mathfrak{A}| . |\mathfrak{B}| . \cos\delta$ ist, erhalten wir schließlich

$$\overline{\mathfrak{A}_x^2 \mathfrak{B}_x^2} = \tfrac{1}{15}\{\mathfrak{A}^2 \mathfrak{B}^2 + 2(\mathfrak{A}\mathfrak{B})^2\}. \qquad 30)$$

Dann folgt aus 29):

$$\overline{\mathfrak{A}_x \mathfrak{A}_y \mathfrak{B}_x \mathfrak{B}_y} = \tfrac{1}{30}\{3(\mathfrak{A}\mathfrak{B})^2 - \mathfrak{A}^2 \mathfrak{B}^2\}. \qquad 31)$$

Diese Hilfsformeln wenden wir nun auf die Ausdrücke 25), 26) an, indem wir die Vektoren $\mathfrak{A}, \mathfrak{B}$ mit $\mathfrak{L}^{(j)}$, $\mathfrak{L}^{(i)}$ identifizieren. Dann erhalten wir:

$$\overline{p_q} = \frac{1}{3} \sum_j \frac{\mathfrak{L}^{(j)2}}{\omega_j^2 - \omega^2} \mathfrak{q}_x |\mathfrak{K}|, \qquad 32)$$

$$\overline{p_q^2} = \sum_j \sum_i \frac{1}{(\omega_j^2 - \omega^2)(\omega_i^2 - \omega^2)} \{\tfrac{1}{15}[\mathfrak{L}^{(j)2} \mathfrak{L}^{(i)2} + 2(\mathfrak{L}^{(j)} \mathfrak{L}^{(i)})^2] \mathfrak{q}_x^2$$

$$+ \tfrac{1}{30}[3(\mathfrak{L}^{(j)} \mathfrak{L}^{(i)})^2 - \mathfrak{L}^{(j)2} \mathfrak{L}^{(i)2}] (\mathfrak{q}_y^2 + \mathfrak{q}_z^2)\} \mathfrak{K}^2. \qquad 33)$$

Digitized by Google

Setzen wir

$$\mathfrak{q}_x = \cos\psi, \quad \text{also} \quad \sqrt{\mathfrak{q}_y^2 + \mathfrak{q}_z^2} = \sin\psi, \tag{34}$$

so ist ψ der Winkel zwischen dem Einheitsvektor $\mathfrak{q}$ und der Kraft $\mathfrak{K}$. Daher kann man aus 14) und 32) schließen, daß die Komponente des Moments der Volumeneinheit in der Richtung $\mathfrak{q}$

$$\mathfrak{P}_q = N\overline{\mathfrak{p}_q} = \Phi\,\mathfrak{K}_q = \Phi\,(\mathfrak{E}_q + \tfrac{1}{3}\mathfrak{P}_q) \tag{35}$$

ist, wo

$$\Phi = \frac{N}{3}\sum_j \frac{\mathfrak{L}^{(j)^2}}{\omega_j^2 - \omega^2} \tag{36}$$

gesetzt ist, oder

$$\mathfrak{P}_q = N\overline{\mathfrak{p}_q} = (\varepsilon - 1)\,E\cos\psi, \tag{37}$$

mit

$$\varepsilon = \frac{3 + 2\Phi}{3 - \Phi}, \quad \Phi = 3\,\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2}. \tag{38}$$

Die Formel 37) stimmt mit 4) überein; wir haben hier aber die Abhängigkeit der optischen Dielektrizitätskonstante ε von der Molekelzahl N und. der Frequenz ω durch die Ausdrücke 36) und 38) dargestellt.

Die Gleichung 33) ergibt nach leichter Rechnung:

$$\overline{\mathfrak{p}_q^2} = \frac{1}{30}\sum_j\sum_i \frac{1}{(\omega_j^2 - \omega^2)(\omega_i^2 - \omega)}\{3\,(\mathfrak{L}^{(j)}\mathfrak{L}^{(i)})^2 - \mathfrak{L}^{(j)^2}\mathfrak{L}^{(i)^2} + [3\,\mathfrak{L}^{(j)^2}\mathfrak{L}^{(i)^2} + (\mathfrak{L}^{(j)}\mathfrak{L}^{(i)})^2]\cos^2\psi\}\,\mathfrak{K}^2.$$

Um nun $\overline{(\Delta\mathfrak{p}_q)^2}$ zu berechnen, haben wir hiervon nach 11) $\bar{\mathfrak{p}}_q^2$ abzuziehen; dies hat nach 32) den Ausdruck:

$$\bar{\mathfrak{p}}_q^2 = \frac{1}{9}\sum_j\sum_i \frac{\mathfrak{L}^{(j)^2}\mathfrak{L}^{(i)^2}}{(\omega_j^2 - \omega^2)(\omega_i^2 - \omega^2)}\cos^2\psi\,\mathfrak{K}^2.$$

Also erhalten wir:

$$\overline{(\Delta\mathfrak{p}_q)^2} = \frac{1}{30}\sum_j\sum_i \frac{3\,(\mathfrak{L}^{(j)}\mathfrak{L}^{(i)})^2 - \mathfrak{L}^{(j)^2}\mathfrak{L}^{(i)^2}}{(\omega_j^2 - \omega^2)(\omega_i^2 - \omega^2)}\left(1 + \frac{\cos^2\psi}{3}\right)\mathfrak{K}^2. \tag{39}$$

Wir setzen nun

$$\mathfrak{Q} = \frac{N^2}{30}\sum_j\sum_i \frac{3\,(\mathfrak{L}^{(j)}\mathfrak{L}^{(i)})^2 - \mathfrak{L}^{(j)^2}\mathfrak{L}^{(i)^2}}{(\omega_j^2 - \omega^2)(\omega_i^2 - \omega^2)}. \tag{40}$$

Digitized by Google

eine Größe, die dieselbe Dimension hat wie Φ^2. Ferner führen wir nach 4) und 14)

$$\mathfrak{P}^2 = \left(\frac{\varepsilon+2}{3}\right)^2 E^2 \qquad 41)$$

ein. Dann erhalten wir aus 39):

$$\overline{(\Delta \mathfrak{p}_q)^2} = \frac{\Omega}{N^2}\left(\frac{\varepsilon+2}{3}\right)^2\left(1+\frac{\cos^2\psi}{3}\right)E^2, \qquad 42)$$

und daraus ergibt sich nach 10) für das zerstreute Licht:

$$\overline{\mathfrak{E}_q^2} = \frac{\pi^2(\varepsilon+2)^2\Omega V}{9\lambda^4 r^2 N} E^2\left(1+\frac{\cos^2\psi}{3}\right). \qquad 43)$$

Diese neue Zerstreuungsformel ist der RAYLEIGHschen 6) ganz analog gebaut; setzt man in dieser nämlich nach 38)

$$(\varepsilon-1)^2 = \frac{(\varepsilon+2)^2}{9}\Phi^2,$$

so entsprechen sich die ersten Faktoren von 6) und 43) genau, nur daß in der letzteren Φ^2 durch die Größe gleicher Dimension Ω ersetzt ist. Wesentlich verschieden sind die letzten Faktoren, die die Polarisation ausdrücken; wir sehen, daß die neue Zerstreuung viel schwächer polarisiert ist. Der polarisierte Anteil beträgt im Maximum $\frac{1}{3}$ des unpolarisierten; im übrigen ist die Abhängigkeit der Lichtintensität des polarisierten Anteils von der Blickrichtung, dem Polarisationszustande des primären Strahles und der Analysatorstellung genau dieselbe wie bei der RAYLEIGHschen Zerstreuung (vgl. Schluß des § 1).

§ 5. Eigenschaften des Zerstreuungsparameters Ω. Die Größe der durch Richtungsschwankungen hervorgerufenen Zerstreuung wird in der Hauptsache durch den Parameter Ω bestimmt. Wir wollen seine Eigenschaften erörtern.

Zunächst ist zu zeigen, daß eine isotrop gebundene Partikel, die mit den übrigen Partikeln der Molekel nicht gekoppelt ist, keinen Beitrag zu Ω liefert. Sei dies etwa die erste Partikel; dann sind in den Schwingungsgleichungen 16) alle Koeffizienten $A_{1k'}, \ldots E_{1k'} \ldots$ gleich Null außer A_{11}, B_{11}, C_{11}, die einander

Digitized by Google

gleich sind. Daher gibt es drei gleiche Eigenfrequenzen $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3$, zu denen drei linear unabhängige Lösungen der Form

$$\left.\begin{array}{lll} \xi_1 = 1, & \eta_1 = 0, & \zeta_1 = 0 \\ \xi_1 = 0, & \eta_1 = 1, & \zeta_1 = 0 \\ \xi_1 = 0, & \eta_1 = 0, & \zeta_1 = 1 \end{array}\right\} \text{ alle übrigen } \xi_k, \eta_k, \zeta_k = 0$$

gehören. Indem wir diese nach 18) normieren, erhalten wir die drei zu ω_1 gehörigen Eigenschwingungen:

$$\begin{array}{lll} \alpha_{11} = \frac{1}{\sqrt{m_1}}, & \beta_{11} = 0, & \gamma_{11} = 0, \\ \alpha_{12} = 0, & \beta_{12} = \frac{1}{\sqrt{m_1}}, & \gamma_{12} = 0, \\ \alpha_{13} = 0, & \beta_{13} = 0, & \gamma_{13} = \frac{1}{\sqrt{m_1}}, \end{array} \qquad \begin{array}{l} \alpha_{kj} = \beta_{kj} = \gamma_{kj} = 0 \\ \text{für} \\ k = 2, 3, \ldots s \\ j = 1, 2, 3. \end{array}$$

Daraus folgt

$$\begin{array}{lll} \mathfrak{Q}_x^{(1)} = \frac{\varepsilon_1}{\sqrt{m_1}}, & \mathfrak{Q}_y^{(1)} = 0, & \mathfrak{Q}_z^{(1)} = 0, \\ \mathfrak{Q}_x^{(2)} = 0, & \mathfrak{Q}_y^{(2)} = \frac{\varepsilon_1}{\sqrt{m_1}}, & \mathfrak{Q}_z^{(2)} = 0, \\ \mathfrak{Q}_x^{(3)} = 0, & \mathfrak{Q}_y^{(3)} = 0, & \mathfrak{Q}_z^{(3)} = \frac{\varepsilon_1}{\sqrt{m_1}}, \end{array}$$

$$\mathfrak{Q}_x^{(j)} = \sum_{k=2}^{s} \varepsilon_k \alpha_{kj}, \quad \mathfrak{Q}_y^{(j)} = \sum_{k=2}^{s} \varepsilon_k \beta_{kj}, \quad \mathfrak{Q}_z^{(j)} = \sum_{k=2}^{s} \varepsilon_k \gamma_{kj},$$

$$j = 4, 5, \ldots 3s.$$

Nun geben die drei ersten Eigenschwingungen zu $\mathfrak{Q}$ den Beitrag

$$\frac{N^2}{30} \frac{1}{(\omega_1^2 - \omega^2)^2} \sum_{j=1}^{3} \sum_{i=1}^{3} \{3 (\mathfrak{Q}^{(j)} \mathfrak{Q}^{(i)})^2 - \mathfrak{Q}^{(j)2} \mathfrak{Q}^{(i)2}\}$$

$$+ \frac{N^2}{30} \frac{1}{\omega_1^2 - \omega^2} \sum_{j=4}^{3s} \frac{1}{\omega_j^2 - \omega^2} \sum_{i=1}^{3} \{3 (\mathfrak{Q}^{(j)} \mathfrak{Q}^{(i)})^2 - \mathfrak{Q}^{(j)2} \mathfrak{Q}^{(i)2}\}.$$

Wir stellen die Werte des Ausdrucks $3 (\mathfrak{Q}^{(j)} \mathfrak{Q}^{(i)})^2 - \mathfrak{Q}^{(j)2} \mathfrak{Q}^{(i)2}$ für alle Indexpaare ji in einer Tabelle zusammen:

Digitized by Google

11	21	31	$j\,1\,(j = 4, \ldots 3s)$
$\frac{2\varepsilon_1^4}{m_1^2}$	$-\frac{\varepsilon_1^4}{m_1^2}$	$-\frac{\varepsilon_1^4}{m_1^2}$	$\frac{\varepsilon_1^2}{m_1}(3\mathfrak{Q}_x^{(j)2} - \mathfrak{Q}^{(j)2})$
12	22	32	$j\,2\,(j = 4, \ldots 3s)$
$-\frac{\varepsilon_1^4}{m_1^2}$	$\frac{2\varepsilon_1^4}{m_1^2}$	$-\frac{\varepsilon_1^4}{m_1^2}$	$\frac{\varepsilon_1^2}{m_1}(3\mathfrak{Q}_y^{(j)2} - \mathfrak{Q}^{(j)2})$
13	23	33	$j\,3\,(j = 4, \ldots 3s)$
$-\frac{\varepsilon_1^4}{m_1^2}$	$-\frac{\varepsilon_1^4}{m_1^2}$	$\frac{2\varepsilon_1^4}{m_1^2}$	$\frac{\varepsilon_1^2}{m_1}(3\mathfrak{Q}_z^{(j)2} - \mathfrak{Q}^{(j)2})$

Hieraus liest man ab, daß die beiden in obigem Ausdrucke vorkommenden Summen verschwinden.

Wenn sämtliche Partikel der Molekel isotrop gebunden und nicht gekoppelt sind, verschwindet $\mathfrak{Q}$. Damit ist direkt bestätigt, daß die neue Art der Zerstreuung an das Vorhandensein molekularer Anisotropie gebunden ist.

Man kann aber zeigen, daß bei Molekeln, die die Symmetrieelemente des regulären Kristallsystems besitzen, $\mathfrak{Q}$ verschwindet.

Die Gruppe der Deckoperationen der Tetartoedrie des regulären Systems ist die Tetraedergruppe; man kann sie durch Zusammensetzung der Vierergruppe mit einer Drehung erzeugen. Die Vierergruppe besteht außer der Identität aus den drei Umklappungen $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{W}$ um drei aufeinander senkrechte Achsen x, y, z; die Achse der hinzukommenden Drehung $\mathfrak{A}$ bildet mit den drei Richtungen x, y, z gleiche Winkel und ist dreizählig. Die Vierergruppe erzeugt aus jedem Punkte (xyz) die drei anderen $(x, -y, -z)$, $(-x, y, -z)$, $(-x, -y, z)$; die Drehung $\mathfrak{A}$ vertauscht die xyz zyklisch.

Um zu zeigen, daß die Vierergruppe, die als Untergruppe auch bei anderen Kristallsystemen vorkommt, nicht genügt, $\mathfrak{Q}$ zum Verschwinden zu bringen, nehmen wir zunächst an, daß die Molekel bei den Operationen der Vierergruppe in sich übergeht. Dann muß die Zahl s der Partikel durch vier teilbar sein, und immer vier Partikel, die ein reguläres Tetraeder bilden, haben

Digitized by Google

die gleiche Masse m_k und Ladung ε_k ($k = 1,2 \ldots s/4$). Wir numerieren diese Punkte so:

1) x_k, y_k, z_k; 2) $x_k, -y_k, -z_k$; 3) $-x_k, y_k, -z_k$; 4) $-x_k, -y_k, z_k$.

Die Komponenten der Verrückung seien entsprechend

1) $\xi_k^{(1)}, \eta_k^{(1)}, \zeta_k^{(1)}$; 2) $\xi_k^{(2)}, \eta_k^{(2)}, \zeta_k^{(2)}$; 3) $\xi_k^{(3)}, \eta_k^{(3)}, \zeta_k^{(3)}$; 4) $\xi_k^{(4)}, \eta_k^{(4)}, \zeta_k^{(4)}$.

Dann bewirkt die Anwendung der Umklappungen $\mathfrak{U}$ und $\mathfrak{V}$ um die x- und y-Achse folgende Vertauschungen der Verrückungskomponenten:

	$\xi_k^{(1)}$	$\eta_k^{(1)}$	$\zeta_k^{(1)}$	$\xi_k^{(2)}$	$\eta_k^{(2)}$	$\zeta_k^{(2)}$	$\xi_k^{(3)}$	$\eta_k^{(3)}$	$\zeta_k^{(3)}$	$\xi_k^{(4)}$	$\eta_k^{(4)}$	$\zeta_k^{(4)}$
$\mathfrak{U}$	$\xi_k^{(2)}$	$-\eta_k^{(2)}$	$-\zeta_k^{(2)}$	$\xi_k^{(1)}$	$-\eta_k^{(1)}$	$-\zeta_k^{(1)}$	$\xi_k^{(4)}$	$-\eta_k^{(4)}$	$-\zeta_k^{(4)}$	$\xi_k^{(3)}$	$-\eta_k^{(3)}$	$-\zeta_k^{(3)}$
$\mathfrak{V}$	$-\xi_k^{(3)}$	$\eta_k^{(3)}$	$-\zeta_k^{(3)}$	$-\xi_k^{(4)}$	$\eta_k^{(4)}$	$-\zeta_k^{(4)}$	$-\xi_k^{(1)}$	$\eta_k^{(1)}$	$-\zeta_k^{(1)}$	$-\xi_k^{(2)}$	$\eta_k^{(2)}$	$-\zeta_k^{(2)}$

Bei der Umklappung $\mathfrak{U}$ bleiben also die Verbindungen

$$(+)\begin{cases}\xi_k^{(1)} + \xi_k^{(2)}, & \eta_k^{(1)} - \eta_k^{(2)}, & \zeta_k^{(1)} - \zeta_k^{(2)},\\ \xi_k^{(3)} + \xi_k^{(4)}, & \eta_k^{(3)} - \eta_k^{(4)}, & \zeta_k^{(3)} - \zeta_k^{(4)}\end{cases}$$

ungeändert, während die Verbindungen

$$(-)\begin{cases}\xi_k^{(1)} - \xi_k^{(2)}, & \eta_k^{(1)} + \eta_k^{(2)}, & \zeta_k^{(1)} + \zeta_k^{(2)},\\ \xi_k^{(3)} - \xi_k^{(4)}, & \eta_k^{(3)} + \eta_k^{(4)}, & \zeta_k^{(3)} + \zeta_k^{(4)}\end{cases}$$

ihr Vorzeichen umkehren. Folglich zerfallen die durch Weglassen der rechten Seiten aus den Schwingungsgleichungen 16) entstehenden homogenen Gleichungen in zwei voneinander unabhängige Gleichungssysteme, von denen jedes nur eine der beiden Arten von Verbindungen (+) und (−) enthält. Jedes der beiden Gleichungssysteme muß aber wiederum in zwei unabhängige zerfallen. Denn wendet man auf die Größen (+) die Operation $\mathfrak{V}$ an, so sieht man, daß dabei die Verbindungen

$$(++)\ \xi_k^{(1)} + \xi_k^{(2)} - \xi_k^{(3)} - \xi_k^{(4)},\ \eta_k^{(1)} - \eta_k^{(2)} + \eta_k^{(3)} - \eta_k^{(4)},\ \zeta_k^{(1)} - \zeta_k^{(2)} - \zeta_k^{(3)} + \zeta_k^{(4)}$$

ungeändert bleiben, während

$$(+-)\ \xi_k^{(1)} + \xi_k^{(2)} + \xi_k^{(3)} + \xi_k^{(4)},\ \eta_k^{(1)} - \eta_k^{(2)} - \eta_k^{(3)} + \eta_k^{(4)},\ \zeta_k^{(1)} - \zeta_k^{(2)} + \zeta_k^{(3)} - \zeta_k^{(4)}$$

ihr Vorzeichen umkehren.

Digitized by Google

Ebenso zerfällt das zweite Gleichungssystem in zwei unabhängige für die Variabelnkombinationen:

$$(-+)\ \xi_k^{(1)}-\xi_k^{(2)}-\xi_k^{(3)}+\xi_k^{(4)},\ \eta_k^{(1)}+\eta_k^{(2)}+\eta_k^{(3)}+\eta_k^{(4)},\ \zeta_k^{(1)}+\zeta_k^{(2)}-\zeta_k^{(3)}-\zeta_k^{(4)},$$

$$(--)\ \xi_k^{(1)}-\xi_k^{(2)}+\xi_k^{(3)}-\xi_k^{(4)},\ \eta_k^{(1)}+\eta_k^{(2)}-\eta_k^{(3)}-\eta_k^{(4)},\ \zeta_k^{(1)}+\zeta_k^{(2)}+\zeta_k^{(3)}+\zeta_k^{(4)}.$$

Im ganzen zerfällt also das ursprüngliche Gleichungssystem in vier unabhängige Systeme für je eine der Variabelnkombinationen $(++)$, $(+-)$, $(-+)$, $(--)$. Wir bezeichnen nun eine Eigenfrequenz, deren Quadrat Nullstelle der Determinante des Gleichungssystems $(++)$ ist, mit ω_{j_0} und die zugehörigen Werte der Variabeln $(++)$ mit $4\alpha_{kj_0}$, $4\beta_{kj_0}$, $4\gamma_{kj_0}$. Dann ist das ganze Gleichungssystem befriedigt, wenn man $\omega^2=\omega_{j_0}^2$, die Größen $(++)$ gleich $4\alpha_{kj_0}$, $4\beta_{kj_0}$, $4\gamma_{kj_0}$ und die Größen $(+-)$, $(-+)$ und $(--)$ alle gleich Null setzt. Ganz entsprechend erhält man drei andere Eigenschwingungen ω_{j_1}, ω_{j_2}, ω_{j_3}, indem man von den Lösungen eines der drei anderen Gleichungssysteme ausgeht.

Die Gesamtheit der Lösungen ergibt sich daher aus

$$\omega_{j_0}\begin{cases}\xi_k^{(1)}+\xi_k^{(2)}-\xi_k^{(3)}-\xi_k^{(4)}=4\alpha_{kj_0},\quad \eta_k^{(1)}-\eta_k^{(2)}+\eta_k^{(3)}-\eta_k^{(4)}=4\beta_{kj_0},\\ \qquad\qquad \zeta_k^{(1)}-\zeta_k^{(2)}-\zeta_k^{(3)}+\zeta_k^{(4)}=4\gamma_{kj_0},\\ \xi_k^{(1)}+\xi_k^{(2)}+\xi_k^{(3)}+\xi_k^{(4)}=0,\quad \eta_k^{(1)}-\eta_k^{(2)}-\eta_k^{(3)}+\eta_k^{(4)}=0,\\ \qquad\qquad \zeta_k^{(1)}-\zeta_k^{(2)}+\zeta_k^{(3)}-\zeta_k^{(4)}=0,\\ \xi_k^{(1)}-\xi_k^{(2)}-\xi_k^{(3)}+\xi_k^{(4)}=0,\quad \eta_k^{(1)}+\eta_k^{(2)}+\eta_k^{(3)}+\eta_k^{(4)}=0,\\ \qquad\qquad \zeta_k^{(1)}+\zeta_k^{(2)}-\zeta_k^{(3)}-\zeta_k^{(4)}=0,\\ \xi_k^{(1)}-\xi_k^{(2)}+\xi_k^{(3)}-\xi_k^{(4)}=0,\quad \eta_k^{(1)}+\eta_k^{(2)}-\eta_k^{(3)}-\eta_k^{(4)}=0,\\ \qquad\qquad \zeta_k^{(1)}+\zeta_k^{(2)}+\zeta_k^{(3)}+\zeta_k^{(4)}=0\end{cases}$$

und drei entsprechenden Relationen, wobei die rechten Seiten der Reihe nach gleich

$$\omega_{j_1}\begin{cases}0&0&0\\ 4\alpha_{kj_1}&4\beta_{kj_1}&4\gamma_{kj_1}\\ 0&0&0\\ 0&0&0\end{cases}\quad \omega_{j_2}\begin{cases}0&0&0\\ 0&0&0\\ 4\alpha_{kj_2}&4\beta_{kj_2}&4\gamma_{kj_2}\\ 0&0&0\end{cases}\quad \omega_{j_3}\begin{cases}0&0&0\\ 0&0&0\\ 0&0&0\\ 4\alpha_{kj_3}&4\beta_{kj_3}&4\gamma_{kj_3}\end{cases}$$

zu setzen sind.

Durch Auflösen dieser Gleichungen nach den ursprünglichen Variabeln findet man:

Digitized by Google

	$\xi_k^{(1)}$	$\eta_k^{(1)}$	$\zeta_k^{(1)}$	$\xi_k^{(2)}$	$\eta_k^{(2)}$	$\zeta_k^{(2)}$	$\xi_k^{(3)}$	$\eta_k^{(3)}$	$\zeta_k^{(3)}$	$\xi_k^{(4)}$	$\eta_k^{(4)}$	$\zeta_k^{(4)}$
ω_{j_0}	α_{kj_0}	β_{kj_0}	γ_{kj_0}	α_{kj_0}	$-\beta_{kj_0}$	$-\gamma_{kj_0}$	$-\alpha_{kj_0}$	β_{kj_0}	$-\gamma_{kj_0}$	$-\alpha_{kj_0}$	$-\beta_{kj_0}$	γ_{kj_0}
ω_{j_1}	α_{kj_1}	β_{kj_1}	γ_{kj_1}	α_{kj_1}	$-\beta_{kj_1}$	$-\gamma_{kj_1}$	α_{kj_1}	$-\beta_{kj_1}$	γ_{kj_1}	α_{kj_1}	β_{kj_1}	$-\gamma_{kj_1}$
ω_{j_2}	α_{kj_2}	β_{kj_2}	γ_{kj_2}	$-\alpha_{kj_2}$	β_{kj_2}	γ_{kj_2}	$-\alpha_{kj_2}$	β_{kj_2}	$-\gamma_{kj_2}$	α_{kj_2}	β_{kj_2}	$-\gamma_{kj_2}$
ω_{j_3}	α_{kj_3}	β_{kj_3}	γ_{kj_3}	$-\alpha_{kj_3}$	β_{kj_3}	γ_{kj_3}	α_{kj_3}	$-\beta_{kj_3}$	γ_{kj_3}	$-\alpha_{kj_3}$	$-\beta_{kj_3}$	γ_{kj_3}

Daraus folgt:

$$\begin{cases} \mathfrak{Q}_x^{(j_0)} = 0, & \mathfrak{Q}_y^{(j_0)} = 0, & \mathfrak{Q}_z^{(j_0)} = 0, \\ \mathfrak{Q}_x^{(j_1)} = 4\sum_k \varepsilon_k \alpha_{kj_1}, & \mathfrak{Q}_y^{(j_1)} = 0, & \mathfrak{Q}_z^{(j_1)} = 0, \\ \mathfrak{Q}_x^{(j_2)} = 0, & \mathfrak{Q}_y^{(j_2)} = 4\sum_k \varepsilon_k \beta_{kj_2}, & \mathfrak{Q}_z^{(j_2)} = 0, \\ \mathfrak{Q}_x^{(j_3)} = 0, & \mathfrak{Q}_y^{(j_3)} = 0, & \mathfrak{Q}_z^{(j_3)} = 4\sum_k \varepsilon_k \gamma_{kj_3}. \end{cases}$$

Man sieht leicht, daß für diese Vektoren $\mathfrak{Q}$ nicht identisch verschwindet.

Jetzt ziehen wir die Drehung $\mathfrak{A}$ heran, die die Koordinaten x, y, z zyklisch vertauscht; soll die Molekel auch gegen $\mathfrak{A}$ invariant sein, so müssen jedem der Punkte 1, 2, 3, 4 zwei andere entsprechen, die aus ihm durch die Operationen $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{A}^2$ und die Umklappungen $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{W}$ hervorgehen. Wir brauchen jetzt aber nicht die Zerlegung des Gleichungssystems weiterzuführen[1]), sondern können aus der Vertauschbarkeit von x, y, z ohne weiteres schließen, daß jede Wurzel ω_j^2 dreifach sein muß und zu ihr drei nicht verschwindende Vektoren

$$\begin{array}{lll} \mathfrak{Q}_x^{(j_1)} = l_j, & \mathfrak{Q}_y^{(j_1)} = 0, & \mathfrak{Q}_z^{(j_1)} = 0, \\ \mathfrak{Q}_x^{(j_2)} = 0, & \mathfrak{Q}_y^{(j_2)} = l_j, & \mathfrak{Q}_z^{(j_2)} = 0, \\ \mathfrak{Q}_x^{(j_3)} = 0, & \mathfrak{Q}_y^{(j_3)} = 0, & \mathfrak{Q}_z^{(j_3)} = l_j \end{array}$$

gehören. Bilden wir nun den Ausdruck

$$3\,(\mathfrak{Q}^{(j)}\,\mathfrak{Q}^{(i)})^2 - \mathfrak{Q}^{(j)2}\,\mathfrak{Q}^{(i)2},$$

[1]) Die hier behandelte Aufgabe ist ein Spezialfall der allgemeineren, die Eigenschaften solcher mechanischer Punktsysteme zu studieren, die eine Gruppe von Deckoperationen zulassen. Obwohl das analoge Problem in der Mechanik der Kontinua ausführlich behandelt ist, scheint man dieser Fragestellung noch keine Aufmerksamkeit geschenkt zu haben. Die oben angewandte Methode zeigt den Weg, auf dem die Lösung gewonnen werden kann.

Digitized by Google

so hat dieser für alle möglichen Indexkombinationen, die zu demselben Nenner

$$(\omega_j^2 - \omega^2)\,(\omega_i^2 - \omega^2)$$

von $\mathfrak{Q}$ gehören, den Wert $l_j^2\, l_i^2$ multipliziert mit folgenden Zahlen:

$j_1 i_1$	$j_1 i_2$	$j_1 i_3$	$j_2 i_1$	$j_2 i_2$	$j_2 i_3$	$j_3 i_1$	$j_3 i_2$	$j_3 i_3$
2	−1	−1	−1	2	−1	−1	−1	2

Da die Summe dieser Zahlen Null ist, so folgt

$$\mathfrak{Q} = 0.$$

Zum Schlusse wollen wir $\mathfrak{Q}$ für das einfachste Modell berechnen, nämlich ein quasielastisch, anisotrop gebundenes Elektron. Die x- und y-Achse seien gleichwertig, die z-Achse ausgezeichnet; dann sind die Schwingungsgleichungen:

$$\begin{cases} m\,\ddot{U} + A\,U = 0, \\ m\,\ddot{V} + A\,V = 0, \\ m\ddot{W} + B\,W = 0. \end{cases}$$

Die Eigenfrequenzen sind

$$\frac{A}{m} = \omega_1^2, \qquad \frac{B}{m} = \omega_3^2,$$

von denen die erste doppelt ist. Die normierten Lösungen sind:

$$\alpha_1 = \frac{1}{\sqrt{m}}, \qquad \beta_1 = 0, \qquad \gamma_1 = 0,$$

$$\alpha_2 = 0, \qquad \beta_2 = \frac{1}{\sqrt{m}}, \qquad \gamma_2 = 0,$$

$$\alpha_3 = 0, \qquad \beta_3 = 0, \qquad \gamma_3 = \frac{1}{\sqrt{m}},$$

von denen die ersten beiden zu ω_1, die dritte zu ω_3 gehören. Sodann gehören zu ω_1 die Vektoren

$$\mathfrak{Q}_x^{(1)} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{m}}, \qquad \mathfrak{Q}_y^{(1)} = 0, \qquad \mathfrak{Q}_z^{(1)} = 0,$$

$$\mathfrak{Q}_x^{(1)} = 0, \qquad \mathfrak{Q}_y^{(2)} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{m}}, \qquad \mathfrak{Q}_z^{(2)} = 0,$$

ω_3 der Vektor

$$\mathfrak{Q}_x^{(3)} = 0, \qquad \mathfrak{Q}_y^{(3)} = 0, \qquad \mathfrak{Q}_z^{(3)} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{m}}.$$

Digitized by Google

Daher wird nach 36)

$$\Phi = \frac{N}{3}\frac{\varepsilon^2}{m}\left(\frac{2}{\omega_1^2-\omega^2}+\frac{1}{\omega_3^2-\omega^2}\right)$$

und nach 40)

$$\Omega = \frac{N^2}{30}\frac{\varepsilon^4}{m^2}\,2\left\{\frac{1}{(\omega_1^2-\omega^2)^2}+\frac{1}{(\omega_3^2-\omega^2)^2}-\frac{2}{(\omega_1^2-\omega^2)\,(\omega_3^2-\omega^2)}\right\},$$

$$\Omega = \frac{N^2}{15}\frac{\varepsilon^4}{m^2}\left(\frac{1}{\omega_1^2-\omega^2}-\frac{1}{\omega_3^2-\omega^2}\right)^2.$$

Hieran erkennt man deutlich, daß Ω für isotrope Bindung ($\omega_1 = \omega_3$) verschwindet.

Druckdifferenzen in gleichstromdurchflossenen Edelgasröhren;

von Franz Skaupy.

(Eingegangen am 25. Oktober 1917.)

Es wird hier kurz über Versuche berichtet, welche für die Erkenntnis des Mechanismus der Stromleitung in Gasen wichtig sind, aber aus äußeren Gründen nicht eingehender verfolgt werden konnten. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, daß bei der Glimmentladung durch verdünnte Gase zwischen den Enden des Entladungsrohres sich Druckdifferenzen ausbilden. Bei Stickstoff z. B. fand STARK, daß der Druck an der Kathode höher ist als an der Anode. Die nächstliegende Erklärung dafür ist, daß die positiven Ionen zur Kathode wandern und so die Zahl der dort vorhandenen Moleküle vermehren, während die nach der Anode strömenden Elektronen an letzterer naturgemäß keine Vermehrung der Gasmenge bewirken.

Es wurde nun gefunden, daß in verdünnten Edelgasen ebenfalls Druckdifferenzen auftreten, und zwar so beträchtliche, daß sie von der gleichen Größenordnung sind wie der im Entladungsrohr vorhandene Druck. Auffälligerweise ist aber hier der höhere Druck an der Anode zu beobachten. Als Erklärung wird man annehmen können, daß ein großer Bruchteil der durch den Strom

Digitized by Google

bewegten negativen Elektrizität nicht in Form freier Elektronen, sondern negativer Molionen vorhanden ist, und daß diese beträchtlich schneller wandern als die positiven Ionen. Die Existenz negativer Molionen in Edelgasen wird auch durch die Versuche von CHRISLER[1]) an Helium wahrscheinlich gemacht.

Eine wenigstens annähernd gültige quantitative Beziehung wurde festgestellt: die sich ausbildende Druckdifferenz ist dem in der Röhre vorhandenen Druck umgekehrt proportional (bei gegebener Stromstärke in einem und demselben Entladungsrohr). Diese Beziehung ließ sich auf Grund folgender Überlegung voraussehen: die Druckdifferenz kommt bei gegebener Stromstärke dadurch zustande, daß eine bestimmte Menge von Molekülen unter dem Einfluß der Entladung in der Zeiteinheit nach der Anode geführt wird (dieselbe stellt die Differenz der gleichzeitig durch den Querschnitt gehenden negativen und positiven Ionen dar). Im stationären Zustande wird in derselben Zeit eine gleiche Menge von Molekülen unter dem Einfluß der Druckdifferenz zur Kathode zurückfließen. Diese Menge wird (etwa nach dem POISEUILLEschen Gesetz) einerseits der Druckdifferenz, andererseits der im Rohr vorhandenen Dichte, also dem Druck im Entladungsrohr, proportional sein. Betrachtet man nun die elektrisch transportierte Menge als durch die Stromstärke allein gegeben und daher konstant und berücksichtigt, daß die innere Reibung vom Druck unabhängig ist, so erhält man

$$p(p_1 - p_2) = \text{const},$$

oder die Druckdifferenz ist umgekehrt proportional dem in der Röhre herrschenden Druck. Bei sehr niedrigen Drucken kann dies natürlich nicht mehr gelten.

Zum Beispiel wurden bei einem 600 mm langen und 8 mm weiten Entladungsrohr mit Alkalimetallkathode und Argonfüllung bei 1 Amp. folgende Zahlen gefunden:

Druck in mm Quecksilber	Druckdifferenz	$p(p_1 - p_2)$
3 mm	etwa 0,5 mm Öl	1,5
1,5 „	„ 1,0 „ „	1,5
0,4 „	„ 2,0 „ „	0,8

[1]) Phys. ZS. **10**, 745, 1909.

Digitized by Google

Der Druck wurde durch ein zwischen Anode und Kathode eingeschaltetes Ölmanometer gemessen (Messungen mit MAC LEOD-Manometer bestätigten das Resultat).

Man sieht leicht, daß man die Druckdifferenzen verwenden kann, um in Apparaten, welchen das Entladungsrohr parallel geschaltet ist, eine Zirkulation des Gasinhaltes hervorzurufen. Zu diesem Zwecke genügt es, die Enden des Gefäßes, in welchem die Zirkulation hervorgerufen werden soll, durch je ein Rohr mit Kathode und Anode des Entladungsrohres zu verbinden.

Die beschriebenen Erscheinungen nötigen zu einer Verallgemeinerung der Erklärungsweise, welche früher[1]) für die unter dem Einfluß von Gleichstrom in Gasgemischen eintretenden Entmischungserscheinungen gegeben wurde. Für diese Erscheinungen ist demnach nicht nur maßgebend, daß das Gas mit der niedrigeren Ionisierungsspannung verhältnismäßig mehr positive Ionen bildet, sondern auch, daß die Moleküle des Gases mit der höheren Ionisierungsspannung offenbar mehr zur Aufnahme negativer Elektronen unter Bildung negativer Molionen neigen. Beide Erscheinungen addieren sich in der Wirkung.

Übrigens ist auch eine Erklärung denkbar, welche von negativen Molionen absieht, nämlich die, daß die sich bewegenden Elektronen auf den unelektrischen Teil des Gases einen stärkeren Druck ausüben, als die positiven Ionen. Bei einem Vergleich der vorliegenden Versuche mit denen von STARK darf übrigens die viel höhere Stromdichte der hier beschriebenen nicht außer acht gelassen werden. Es ist ja nicht ausgeschlossen, daß das Vorzeichen der Druckunterschiede sich mit zunehmender Stromdichte ändert, die Druckerhöhung an der Anode also nicht auf Edelgase beschränkt ist.

Ein Analogon zu diesen Druckdifferenzen würde bei flüssigen Metallen darin bestehen, daß sich Niveaudifferenzen zwischen den mit Metall gefüllten Schenkeln eines U-Rohres ausbilden, wie ich dies bereits früher[2]) vermutete. Ein roher Vorversuch bei Quecksilber bei sehr hohen Stromdichten ergab keine Andeutung einer Niveaudifferenz, Versuche mit Alkalimetallen und Alkalimetallamalgamen dürften aussichtsreicher sein.

---

[1]) SKAUPY, Verh. d. D. Phys. Ges. **18**, 230, 1916.
[2]) Ebenda **16**. 158, 1914.

Digitized by Google

Da die Ökonomie der Lichterzeugung bei elektrischer Entladung sehr stark von der Dichte des leuchtenden Gases abhängt, ist es nach dem Vorhergehenden nicht möglich, die der maximalen Ökonomie entsprechende Dichte über die ganze Länge des Rohres aufrechtzuerhalten. Die von der Längeneinheit des Leuchtrohres ausgesandte Lichtmenge wird daher bei einem gegebenen Rohr von der einen Elektrode zur anderen stetig sich ändern, wenn auch nicht sehr stark. Durch entsprechende Wahl des Verhältnisses der Volumina der Elektrodenräume läßt sich die Abweichung der Dichte an den Elektroden von der im Mittel vorhandenen in gewissen Grenzen variieren und so ein Einfluß auf die von verschiedenen Stellen des Rohres ausgesandten Lichtmengen gewinnen. Man kann z. B. bewirken, daß die Stellen des Leuchtrohres, welche aus irgendeinem Grunde ohnedies abgedeckt werden, bei Stromdurchgang die für die Lichterzeugung ungünstigste Dichte aufweisen, während die günstigste Dichte den nicht abgedeckten Teilen zukommt. Man sieht auch leicht, daß der ursprünglich für das Leuchtrohr zwecks maximaler Ökonomie zu wählende Gasdruck durch die Erscheinung der Druckdifferenzen beeinflußt wird.

Berlin, den 23. Oktober 1917.

Digitized by Google

Über den Energieaustausch bei Zusammenstößen zwischen langsamen Elektronen und Gasmolekülen;

von G. Hertz.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 2. November 1917.)

(Vgl. oben S. 242.)

In einer Reihe von Arbeiten haben J. FRANCK und ich die Vorgänge, insbesondere den Energieumsatz, beim Zusammenstoß zwischen langsamen Elektronen und Gasmolekülen untersucht[1]). Unser Bestreben war dabei, stets unmittelbar den einzelnen Stoßvorgang zu untersuchen, d. h. so einfache Verhältnisse zu schaffen, daß aus den Versuchsergebnissen ohne irgendwelche Hilfsannahmen sichere Schlüsse auf den Verlauf des Einzelvorgangs gezogen werden konnten. Das Ziel der Untersuchung war ein doppeltes: Einerseits sollte die Festlegung der Gesetze für den Energieaustausch zwischen Elektronen und Gasmolekülen und die Messung der diese Vorgänge bestimmenden Konstanten unsere Kenntnis vom Bau und von der Dynamik des Moleküls bzw. des Atoms erweitern. In dieser Richtung war die Feststellung einer quantenhaften Energieübertragung bei Edelgasen und Metalldämpfen und der Zusammenhang der chemischen Eigenschaften der Gase mit dem durch die Affinität zum Elektron bestimmten Energieverlust bei nicht ionisierenden Zusammenstößen zwischen Elektronen und Gasmolekülen von Wichtigkeit. Andererseits sollte die Kenntnis der Gesetze der Einzelvorgänge die Grundlage für das Verständnis der komplizierteren Erscheinungen der Elektrizitätsleitung in Gasen liefern. Wir haben hierbei zunächst die einfacheren Vorgänge ins Auge gefaßt, welche man als die Vorgänge der Stoßionisation im engeren Sinne bezeichnet. Es sind diejenigen, bei denen die zwei Faktoren keine Rolle spielen, welche den Gasentladungen im allgemeinen einen so mannigfaltigen und verwickelten Charakter geben, nämlich erstens die Ionisierungsvorgänge beim Aufprallen von Elektronen und Ionen auf die Elektroden und zweitens die Veränderung des elektrischen Feldes durch die Raumladungen.

[1]) Zusammenfassender Bericht Phys. ZS. 17, 409 u. 430, 1916.

Digitized by Google

Wir konnten zeigen, daß die Annahmen, auf Grund derer TOWNSEND die Theorie dieser Erscheinungen in so überraschend einfacher Weise entwickelt hat, der Wirklichkeit nicht entsprechen, so daß die nach der TOWNSENDschen Theorie auf Grund von Beobachtungen über Stoßionisation durchgeführten Berechnungen der für das elektrische Verhalten der Gase charakteristischen Konstanten, z. B. der Ionisierungsspannung, gänzlich falsche Werte ergeben. Wir haben uns bisher darauf beschränkt, den wahren Mechanismus des Stoßionisationsvorganges in großen Zügen zu skizzieren, um zunächst durch weitere experimentelle Untersuchungen die Gesetze der Einzelvorgänge noch genauer kennen zu lernen und damit die Grundlagen zu der richtigen Theorie der Stoßionisation völlig sicher zu stellen. Unsere experimentelle Arbeit ist durch den Krieg unterbrochen worden. Eine genaue Durcharbeitung der Ergebnisse unserer früheren Arbeiten hat indessen gezeigt, daß sich aus ihnen noch eine Reihe wesentlicher Schlüsse, insbesondere auch über die Größe des Energieverlustes beim Zusammenstoß, ziehen läßt, welche gestatten, ein mehr ins einzelne gehendes Bild von der Bewegung langsamer Elektronen in Gasen zu entwerfen. Dies darzulegen ist der Zweck der vorliegenden Arbeit.

Der typische Fall eines Stoßionisationsvorganges ist folgender: In einem Gasraume befinden sich zwei parallele Metallplatten, zwischen denen ein elektrisches Feld besteht. An der negativen Platte wird, etwa durch den Photoeffekt, in der Zeiteinheit eine bestimmte Zahl von Elektronen ausgelöst. Es fließt dann ein bestimmter Strom durch den Gasraum hindurch, dessen Abhängigkeit vom Abstand der Platten, dem Druck des Gases und der elektrischen Feldstärke gemessen wird. Die Theorie der Stoßionisation beschäftigt sich damit, die so gefundenen Gesetze auf Grund bestimmter Vorstellungen über den Mechanismus des Vorganges theoretisch abzuleiten und dann rückwärts aus den Messungen die Zahlenwerte für die charakteristischen Konstanten, Ionisierungsspannung usw., zu gewinnen. Der erste, der diese Theorie mit großem Erfolge durchgeführt hat, ist TOWNSEND [1]). Er charakterisiert zunächst die Ionisierungsfähigkeit der Elektronen bei einem bestimmten Wert des Gasdrucks und der Feld-

[1]) J. S. TOWNSEND, The Theory of Ionization of Gases by Collision. London 1910.

Digitized by Google

stärke durch die Zahl der Elektronen, welche durch ein einzelnes Elektron beim Durchlaufen der Längeneinheit durch Stoß neu gebildet werden. Diese Zahl sei α. Die Abhängigkeit des Stoßionisationsstromes vom Plattenabstand bei konstantem Druck und konstanter Feldstärke ergibt sich dann aus der Überlegung, daß die Zahl der in einer bestimmten Schicht neugebildeten Elektronen proportional ist der Zahl der in dieser Schicht vorhandenen. Gehen in der Zeiteinheit N_0 Elektronen von der Kathode aus und ist x der Elektrodenabstand, so ergibt sich aus dieser Überlegung für die Zahl N der in der Zeiteinheit an der Anode ankommenden Elektronen die Gleichung

$$N = N_0 e^{\alpha x},$$

welche durch die Erfahrung bestätigt worden ist. Die Größe α ist nun noch abhängig vom Gasdruck p und von der Feldstärke $\mathfrak{E}$, und zwar muß diese Abhängigkeit durch eine Gleichung von der Form

$$\frac{\alpha}{p} = f\left(\frac{\mathfrak{E}}{p}\right)$$

dargestellt werden können, wenn die Elektronen nur in den kurzen Augenblicken der Zusammenstöße mit den Gasmolekülen in Energieaustausch treten, in der Zwischenzeit aber nur unter dem Einfluß des elektrischen Feldes stehen. Eine wesentliche Aufgabe der Theorie der Stoßionisation ist nun die Berechnung dieser Funktion $f\left(\frac{\mathfrak{E}}{p}\right)$. TOWNSEND legte seiner Theorie folgende Annahmen über den Verlauf der Zusammenstöße zwischen Elektronen und Gasmolekülen zugrunde:

1. Die mittlere freie Weglänge der Elektronen ist die, welche sich aus der kinetischen Gastheorie für sehr kleine Moleküle von sehr großer Geschwindigkeit ergibt, also das $4\sqrt{2}$fache der mittleren freien Weglänge der Gasmoleküle [1]).

2. Beim Zusammenstoß mit einem Gasmolekül verliert ein Elektron stets seine ganze Energie.

---

[1]) TOWNSEND setzt diesen Satz zwar nicht als Annahme an die Spitze seiner Theorie, sondern er läßt die Frage nach der Größe der mittleren freien Weglänge der Elektronen zunächst offen. Beim Vergleich der Theorie mit der Erfahrung findet er dann, daß er für die mittlere freie Weglänge annähernd den gaskinetisch berechneten Wert einsetzen muß.

Digitized by Google

3. Übersteigt die Energie des stoßenden Elektrons einen bestimmten Grenzwert, so tritt beim Zusammenstoß mit einem Gasmolekül Ionisierung ein, d. h. es wird aus dem Gasmolekül ein Elektron freigemacht. Die Spannung, welche ein Elektron frei durchlaufen muß, um diesen Grenzwert der Energie zu erhalten, nennt man die Ionisierungsspannung des Gases. Sie ist eine für jedes Gas charakteristische Konstante.

Auf Grund dieser Voraussetzungen läßt sich nun die Beziehung zwischen $\frac{\alpha}{p}$ und $\frac{\mathfrak{E}}{p}$ in einfacher Weise berechnen. Man erhält die Gleichung

$$\frac{\alpha}{p} = \frac{1}{\lambda_1} e^{-\frac{V p}{\mathfrak{E} \lambda_1}},$$

wobei λ_1 die mittlere freie Weglänge der Elektronen beim Druck 1 und V die Ionisierungsspannung des Gases bedeutet. Auch diese Gleichung wurde zunächst durch die Erfahrung gut bestätigt. Schwierigkeiten brachte erst das Verhalten reiner Edelgase und der Vergleich der mit Hilfe dieser Formel aus den Beobachtungen berechneten Werte der Ionisierungsspannung der verschiedenen Gase mit den direkt gemessenen. Die Unabhängigkeit der Durchschlagsfestigkeit der Edelgase vom Druck und das Auftreten einer Glimmentladung bei Drucken von mehreren Atmosphären, welches man bei ganz reinen Edelgasen beobachtet, läßt sich mit den Grundvorstellungen der Townsendschen Theorie durchaus nicht in Einklang bringen. Direkte Messungen der Ionisierungsspannung sind zuerst von Lenard durchgeführt worden, welcher für Wasserstoff den Wert von 11 Volt erhielt[1]). Spätere Messungen nach analogen Methoden[2]) ergaben für Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff sämtlich Werte zwischen 7 und 12 Volt, während die Townsendsche Theorie für diese Gase zu Werten zwischen 25 und 30 Volt führt. Die drei Grundannahmen dieser Theorie können also nicht alle zugleich richtig sein. Die Messungen von Lenard[3]) über Absorption von Elektronen und Messungen der mittleren freien Weglänge, welche Franck und ich ausgeführt haben[4]), zeigen, daß die erste der drei Annahmen zutrifft. Die

[1]) P. Lenard, Ann. d. Phys (4) 8, 149, 1903.
[2]) J. Franck u. G. Hertz, Verh. d. D. Phys. Ges. 15, 34, 1913; F. Mayer, Ann. d. Phys. (4) 45, 1, 1914.
[3]) P. Lenard, Ann. d. Phys. (4) 12, 714, 1903.
[4]) J. Franck u. G. Hertz, Verh. d. D. Phys. Ges. 15, 373, 1913.

Digitized by Google

mittlere freie Weglänge der Elektronen ist gleich der gastheoretisch berechneten. Von der zweiten Annahme dagegen konnten FRANCK und ich zeigen, daß sie falsch ist. Die Elektronen verlieren bei nicht ionisierenden Zusammenstößen mit Gasmolekülen keineswegs ihre ganze Energie, sondern sie werden bei derartigen Zusammenstößen von den Gasmolekülen reflektiert, und zwar bei den Edelgasen ohne einen nachweisbaren Energieverlust, also anscheinend völlig elastisch. Bei den anderen Gasen ist mit der Reflexion ein Energieverlust verbunden, welcher um so größer ist, je größer die Elektronenaffinität des betreffenden Gases ist. Infolgedessen braucht das Elektron die zur Ionisierung nötige Energie nicht wie bei TOWNSEND auf einem einzigen freien Wege zu erwerben, sondern es kann sie auf einer großen Zahl von freien Wegen ansammeln, was ebenfalls durch Versuche nachgewiesen werden konnte [1]). Näher sind wir auf den Mechanismus des Stoßionisationsvorgangs bisher nicht eingegangen.

Vor allem kommt es jetzt darauf an, den Energieverlust beim nicht ionisierenden Zusammenstoß seinem absoluten Werte nach festzustellen. Hierzu bieten die bereits vorliegenden Messungen eine Handhabe, welche die Energieverteilung von Elektronen zum Gegenstand haben, die eine bestimmte Strecke in einem Gase von bestimmtem Druck und bei bekannter Feldstärke durchlaufen haben, und zwar unter Verhältnissen, welche das Vorkommen von Stoßionisation ausschließen. Für diesen Vorgang ist außer dem Energieverlust beim Zusammenstoß nur die mittlere freie Weglänge der Elektronen maßgebend. Da diese bekannt ist, so kann der Energieverlust beim Zusammenstoß aus den Messungen berechnet werden. Diese Berechnung soll unter der vereinfachenden Annahme durchgeführt werden, daß der Energiezuwachs, welchen das Elektron auf einem einzelnen freien Wege erwirbt, stets klein ist gegen seine Gesamtenergie, eine Annahme, welche bei den zur Berechnung zu benutzenden Messungen mit genügender Annäherung erfüllt ist. Ferner beschränke ich mich auf den Fall, daß der Energieverlust beim einzelnen Stoß klein ist gegen die Energie des stoßenden Elektrons, d. h. auf den Fall von Gasen geringer Elektronenaffinität, da nur für solche Gase brauchbare Messungen vorliegen. Das elektrische Feld habe die Richtung der negativen

[1]) J. FRANCK u. G. HERTZ, Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, 613, 1913.

Digitized by Google

x-Achse und die Feldstärke $\mathfrak{E}$. Von der Ebene $x = 0$ mögen in der Zeiteinheit N Elektronen ausgehen. Welches ist dann die mittlere Geschwindigkeit der Elektronen in der Ebene $x = x$, wenn λ die mittlere freie Weglänge der Elektronen ist? In bekannter Weise denken wir uns das Fortschreiten eines Elektrons in der x-Richtung zusammengesetzt aus den Stücken, um welche es auf den einzelnen freien Wegen durch den freien Fall im elektrischen Felde verschoben wird. Auf einem freien Wege von der Zeitdauer τ beträgt dieses frei durchfallene Stück $\frac{\gamma}{2}\tau^2$, wenn γ die Beschleunigung des Elektrons im elektrischen Felde ist. Wie man mit Hilfe der kinetischen Gastheorie in einfacher Weise ableiten kann, kommt ein freier Weg von einer Zeitdauer zwischen τ und $\tau + d\tau$ in der Zeiteinheit $\frac{v^2}{\lambda^2} e^{-\frac{v\tau}{\lambda}} d\tau$ mal vor, wenn v die Geschwindigkeit des Elektrons bedeutet. Das Stück, um welches das Elektron in der Zeiteinheit in der Richtung der x-Achse fortschreitet, ergibt sich nun durch Summation der auf den einzelnen freien Wegen frei durchfallenen Strecken. Es ist also

$$\frac{dx}{dt} = \int_0^\infty \frac{\gamma}{2}\tau^2 \cdot \frac{v^2}{\lambda^2} e^{-\frac{v\tau}{\lambda}} d\tau = \frac{\gamma\lambda}{v}. \qquad 1)$$

Diese Größe wollen wir als die Fortschreitungsgeschwindigkeit der Elektronen bezeichnen. Es erscheint zunächst auffallend, daß diese Fortschreitungsgeschwindigkeit umgekehrt proportional der Elektronengeschwindigkeit ist. Diese Tatsache wird aber sofort verständlich, wenn man überlegt, daß durch eine Verdoppelung der Elektronengeschwindigkeit die Zahl der freien Wege in der Zeiteinheit zwar verdoppelt wird, daß die Zeitdauer eines einzelnen freien Weges hierbei aber nur halb so groß und infolgedessen das vom Elektron während eines freien Weges in der Richtung der Feldstärke frei durchfallene Stück nur $^1/_4$ so groß wird.

Die Energie eines Elektrons ändert sich in zweifacher Weise. Erstens erhält es durch das elektrische Feld beim Durchlaufen der Strecke dx einen Energiezuwachs $\mathfrak{E}e\,dx = m\gamma\,dx$, wenn e die Ladung und m die Masse des Elektrons bedeutet. Zweitens erleidet es bei jedem Zusammenstoß einen Energieverlust, welchen wir durch die kleine positive Zahl k charakterisieren wollen,

Digitized by Google

indem wir annehmen, daß ein Elektron von der Energie E beim Zusammenstoß mit einem Gasmolekül im Mittel den Energiebetrag kE verliert[1]). Die Zahl der Zusammenstöße in der Zeit dt ist $\frac{v}{\lambda}dt$, das Elektron verliert also in dieser Zeit den Energiebetrag $\frac{v}{\lambda}kEdt$. Die gesamte Änderung der Energie des Elektrons ist also gegeben durch

$$dE = m\gamma dx - \frac{v}{\lambda}kEdt.$$

Nun aber ist nach Gleichung 1)

$$dt = \frac{v}{\gamma\lambda}dx,$$

also

$$dE = m\gamma dx - \frac{v^2}{\lambda^2}\frac{kE}{\gamma}dx$$

oder, da

$$E = \frac{m}{2}v^2$$

ist,

$$dE = \left(m\gamma - \frac{2kE^2}{\lambda^2 m\gamma}\right)dx.$$

Ersetzt man hierin $m\gamma$ durch $\mathfrak{E}e$, so erhält man

$$dE = \mathfrak{E}.e\left(1 - \frac{2kE^2}{\lambda^2\mathfrak{E}^2e^2}\right)dx.$$

Die Integration ergibt unter Berücksichtigung der Tatsache, daß für $x = 0$ $E = 0$ sein soll[2]):

$$x = \frac{\lambda}{2\sqrt{2k}}\log\frac{\lambda\mathfrak{E}e + \sqrt{2k}E}{\lambda\mathfrak{E}e - \sqrt{2k}E},$$

oder

$$E = \frac{\lambda\mathfrak{E}e}{\sqrt{2k}}\frac{e^{2\sqrt{2k}\frac{x}{\lambda}} - 1}{e^{2\sqrt{2k}\frac{x}{\lambda}} + 1}. \qquad 2)$$

[1]) Die Annahme, daß der Energieverlust der Energie des stoßenden Elektrons proportional ist, ist willkürlich. Die Berechtigung dieser Annahme wird aber, wenigstens für Edelgase, nachträglich dadurch sehr wahrscheinlich gemacht, daß sich für den Energieverlust ein Betrag ergibt, wie er bei völlig elastischen Stößen zu erwarten wäre. Bei völlig elastischen Stößen aber ist der Energieverlust proportional der Energie (vgl. S. 280).

[2]) Die Energie, mit welcher die Elektronen aus dem Glühdraht austreten, ist zu vernachlässigen.

Digitized by Google

Um nun mit Hilfe dieser Formel die Größe k, also die Größe des Energieverlustes beim nichtionisierenden Zusammenstoß, zu berechnen, greifen wir auf die Messungen von FRANCK und mir zurück, bei welchen die Energie von Elektronen bestimmt wurde, die in einem Gase von bekanntem Druck eine bestimmte Strecke in einem bekannten elektrischen Felde zurückgelegt hatten [1]). Die Messung der Elektronengeschwindigkeit geschah dadurch, daß die Elektronen nach dem Durchlaufen der Gasstrecke in einen Raum eintraten, welcher aus einer mit dem Galvanometer verbundenen Auffangeplatte und einem in geringem Abstand davor ausgespannten Drahtnetz gebildet wurde. Es wurde dann bei konstant gehaltenem Gasdruck und konstantem elektrischen Felde im Gasraum die Zahl der auf die Galvanometerplatte gelangenden Elektronen als Funktion eines zwischen Auffangeplatte und Drahtnetz angelegten verzögernden elektrischen Feldes aufgenommen. Aus den so gewonnenen Kurven wurden dann durch graphische Differentiation die „Energieverteilungskurven" gewonnen. Da uns damals nur daran lag, nachzuweisen, daß die Elektronen tatsächlich auf einer großen Zahl von freien Wegen Energie ansammeln und in Edelgasen sogar ohne Rücksicht auf die Zahl der dazwischenliegenden Zusammenstöße nahezu die volle der durchlaufenen Spannung entsprechende Energie erreichen können, so haben wir auf eine nähere Analyse der Form der Energieverteilungskurven verzichtet. Es ist uns entgangen, daß, wie im folgenden gezeigt wird, die Kurvenform genau der theoretisch zu erwartenden entspricht, so daß wir berechtigt sind, diese Messungen als Grundlage für die Berechnung des Energieverlustes beim Zusammenstoß zu benutzen.

Damit ein Elektron gegen das zwischen Drahtnetz und Auffangeplatte bestehende Feld anlaufen kann, muß seine Geschwindigkeit eine in der Richtung des elektrischen Feldes liegende Komponente haben, die einer frei durchlaufenen Spannung entspricht, welche mindestens gleich der zwischen Drahtnetz und Platte bestehenden Spannung ist. Die Geschwindigkeitskomponente hängt aber nicht nur von der Größe, sondern auch von der Richtung der Elektronengeschwindigkeit ab. Ein Schluß auf die Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen ist auf Grund derartiger

[1]) J. FRANCK u. G. HERTZ, Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, 613, 1913.

Digitized by Google

Messungen also nur dann möglich, wenn die Verteilung der Elektronen auf die Richtungen bekannt ist[1]). Unter den Voraussetzungen, welche wir der Rechnung zugrunde gelegt haben und welche auch bei den Messungen mit genügender Annäherung erfüllt waren, nämlich daß der Energiezuwachs auf einem freien Wege und der Energieverlust bei einem einzelnen Stoße klein ist gegen die Energie des Elektrons, wird die Verteilung der Elektronen auf die Richtungen nicht merklich von derjenigen abweichen, welche bestehen würde, wenn die Elektronen sich ohne Energieverlust beim Zusammenstoß und ohne Einwirkung des elektrischen Feldes im Gase bewegten, d. h. es werden alle Richtungen gleich oft vorkommen. Wir wollen nun überlegen, welche Kurvenform unter dieser Voraussetzung zu erwarten ist, um die zu erwartende Form mit der beobachteten vergleichen zu können. Wir nehmen an, daß in der Zeiteinheit N Elektronen der einheitlichen Geschwindigkeit v durch das Drahtnetz hindurchtreten und daß sich die Richtungen ihrer Geschwindigkeit gleichmäßig über die ganze Halbkugel verteilen. Der Winkel, den die Bewegungsrichtung eines Elektrons mit der x-Richtung bildet, sei φ. Die in der x-Richtung liegende Komponente der Geschwindigkeit des Elektrons sei v_x. Es ist dann $\cos\varphi = \frac{v_x}{v}$. Die Zahl der Elektronen, deren Geschwindigkeitsrichtung mit der x-Achse einen Winkel zwischen φ und $\varphi + d\varphi$ bildet, ist

$$N(\varphi)d\varphi = N\sin\varphi\, d\varphi,$$

da ja alle Richtungen im Raume gleich oft vorkommen sollen. Die Zahl der Elektronen, deren Geschwindigkeitskomponente in der Richtung der x-Achse zwischen v_x und $v_x + dv_x$ liegt, ist daher $N(v_x)dv_x = N\cdot\frac{dv_x}{v}$. Die Potentialdifferenz P, gegen welche ein Elektron mit der x-Komponente der Geschwindigkeit v_x gerade noch anlaufen kann, ist gegeben durch $\frac{m}{2}v_x^2 = Pe$. Ersetze ich in unserer Gleichung v_x durch P, so erhalte ich für die Zahl der Elektronen, für welche die Potentialdifferenz, gegen welche sie

[1]) Die Richtigkeit der in der früheren Arbeit gezogenen Schlüsse wird hierdurch nicht berührt.

Digitized by Google

gerade noch anlaufen können, zwischen P und $P+dP$ liegt, den Wert

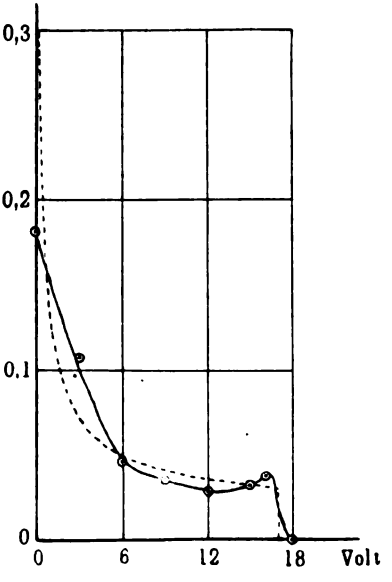
$$N(P)\,dP = \frac{N\,dP}{2\sqrt{PV}},$$

wobei V die Potentialdifferenz ist, welche ein Elektron frei durchlaufen haben muß, um die Geschwindigkeit v zu erhalten, also

$$\frac{m}{2}v^2 = V_e.$$

Wir sind nunmehr in der Lage, die gemessenen Kurven mit der theoretisch zu erwartenden zu vergleichen, denn die Größe, welche wir in unseren Kurven als Funktion der gegengeschalteten Spannung aufgetragen haben, ist nichts anderes als $\frac{N(P)}{N}$. Wenn also nur Elektronen einer Geschwindigkeit vorhanden sind, und außerdem alle Geschwindigkeitsrichtungen beim Durchtritt durch das Drahtnetz gleich oft vorkommen, so ist für diese Kurve die Form $\frac{N(P)}{N} = \frac{1}{2\sqrt{PV}}$ zu erwarten. In Fig. 1 ist als gestrichelte Linie die dieser Gleichung entsprechende Kurve für $V = 17$ Volt und als ausgezogene Kurve diejenige gezeichnet, welche sich bei den Messungen von FRANCK und mir ergeben hat, wenn die Elektronen in Helium von 1,3 mm Druck auf einem Wege von 14 mm eine Potentialdifferenz von 18 Volt durchlaufen hatten. Man sieht, daß die beobachtete Kurve sich der theoretischen eng anschmiegt. Die Abweichung bei kleinen Werten von P hat ihren Grund in der endlichen Ausdehnung der Auffangeplatte sowie darin, daß die nahezu senkrecht zur Feldrichtung aus dem Drahtnetz austretenden Elektronen einen sehr weiten Weg bis zur Auffangeplatte zurückzulegen haben, so daß sich hier Zusammen-

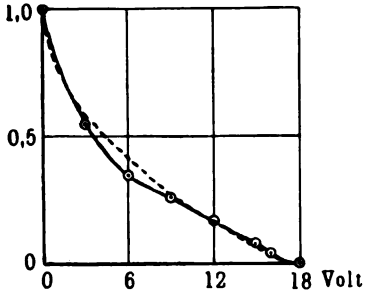
Fig. 1.



Digitized by Google

stöße mit den Gasmolekülen noch störend bemerkbar machen. Das kleine Maximum am Ende der beobachteten Kurve erklärt sich ohne weiteres daraus, daß die Voraussetzung der gleichmäßigen Verteilung der Elektronen auf alle Bewegungsrichtungen nicht genau erfüllt ist, sondern daß die Richtung des elektrischen Feldes noch eine geringe Bevorzugung genießt. Daß eine solche geringe Bevorzugung vorhanden sein muß, erkennt man, wenn man bedenkt, daß unter den bei den Messungen vorliegenden Verhältnissen die auf die Strecke der mittleren freien Weglänge entfallende Potentialdifferenz 1,5 Volt, also etwa $^1/_{10}$ der Energie der durch das Drahtnetz hindurchtretenden Elektronen betrug. Übrigens erscheinen die Abweichungen infolge der Differentiation, durch welche die „Energieverteilungskurve" aus der ursprünglich gemessenen gewonnen worden ist, viel größer, als sie eigentlich sind. Wie außerordentlich geringfügig sie tatsächlich sind, erkennt man, wenn man die ursprünglich gemessene Kurve, welche die Gesamtzahl aller Elektronen, die gegen eine bestimmte Spannung auf die Galvanometerplatte gelangen, als Funktion dieser Spannung angibt, mit der theoretisch zu erwartenden vergleicht. Der Bruchteil von der Gesamtzahl aller Elektronen, welcher gegen eine Spannung P anlaufen kann, müßte sein

Fig. 2.



$$\int_P^V \frac{N(P)}{N} dP = \int_P^V \frac{dP}{2\sqrt{PV}} = 1 - \sqrt{\frac{P}{V}}.$$

In Fig. 2 ist diese Funktion als gestrichelte Kurve gleichzeitig mit der gemessenen Kurve eingezeichnet. Man sieht, wie außerordentlich gering die Abweichung ist.

Die beobachtete Kurve stimmt also in ihrem Verlauf mit der berechneten gut überein, und die geringfügigen Abweichungen sind gerade die, welche man erwarten muß. Besonders wichtig ist, daß die große Zahl scheinbar langsamer Elektronen nur dadurch vorgetäuscht wird, daß das gegengeschaltete Feld nur die in der Richtung des Feldes liegende Komponente der Elektronen-

Digitized by Google

geschwindigkeit mißt. Während wir früher aus diesen Messungsergebnissen nur schließen konnten: ein Teil der durch das Drahtnetz hindurchtretenden Elektronen hat eine der frei durchlaufenen Spannung von 17 Volt entsprechende Geschwindigkeit, können wir jetzt auf Grund der Übereinstimmung zwischen der beobachteten und der theoretischen Kurve sagen: alle an das Drahtnetz gelangenden Elektronen haben die der Spannung von 17 Volt entsprechende Geschwindigkeit [1]).

Diese Feststellung gibt uns die Möglichkeit, die im ersten Teil dieser Arbeit abgeleiteten Formeln anzuwenden, um aus den Messungsergebnissen einen Schluß auf die Größe des Energieverlustes beim Zusammenstoß zu ziehen. Als Ergebnis der Messung im Helium können wir nach dem Vorigen folgendes der Rechnung zugrunde legen: Elektronen, welche im Helium von 1,3 mm Druck eine Strecke von 14 mm in einem elektrischen Felde von 12,8 Volt/cm durchlaufen, erreichen eine Geschwindigkeit, welche einer frei durchlaufenen Spannung von 17 Volt entspricht. Durch Einsetzen der Werte $\lambda = 8{,}2 \cdot 10^{-2}$ cm, $\mathfrak{E} = 12{,}8$ Volt/cm, $\frac{E}{e} = 17$ Volt, $x = 1{,}4$ cm, welche den Verhältnissen entsprechen, unter welchen die durch Kurve 1 dargestellten Messungen gemacht worden sind, erhalten wir aus der Gleichung 2) den Wert

$$k = 2{,}7 \cdot 10^{-4}.$$

Als Ergebnis der Messungen kann also ausgesprochen werden: Der mittlere Energieverlust, welchen Elektronen, die bei Geschwindigkeiten unterhalb der Ionisierungsspannung mit Heliumatomen zusammenstoßen, erleiden, beträgt das $2{,}7 \cdot 10^{-4}$ fache ihrer Energie.

Der Energieverlust, welchen ein Elektron beim Zusammenstoß mit einem Gasmolekül erleidet, setzt sich aus zwei Anteilen zusammen: Erstens muß das Elektron infolge der mit der Reflexion verbundenen Änderung der Richtung seiner Geschwindigkeit einen bestimmten Impuls und damit einen gewissen Energiebetrag an das Gasmolekül abgeben, zweitens aber kann das Elektron auch

[1]) Tatsächlich werden nicht sämtliche Elektronen genau die 17 Volt entsprechende Geschwindigkeit besitzen, sondern ihre Geschwindigkeiten verteilen sich um den 17 Volt entsprechenden Mittelwert. Die Kurvenform zeigt, daß das Gebiet, über welches sich die Geschwindigkeiten verteilen, nur sehr schmal ist.

Digitized by Google

Energie an die inneren Freiheitsgrade des Moleküls abgeben. Von dieser zweiten Art ist die Energieabgabe, welche beim Zusammenstoß von Elektronen mit Molekülen elektronegativer Gase auftritt. Wir wollen nun untersuchen, welcher Art der Energieverlust im Falle des Zusammenstoßes zwischen einem Elektron und einem Heliumatom ist. Hierzu berechnen wir uns zunächst den mittleren Energieverlust, welcher auftreten müßte, wenn diese Zusammenstöße nach den Gesetzen des Stoßes zwischen völlig elastischen Kugeln, also ohne Abgabe von Energie an innere Freiheitsgrade, vor sich gingen. Wir können dabei die Gasmoleküle als vor dem Stoße ruhend annehmen, da ihre Energie und in noch höherem Maße ihre Geschwindigkeit klein ist gegen die der Elektronen. m und v seien Masse und Geschwindigkeit des Elektrons, m' sei die Masse des Gasmoleküls und v' die Geschwindigkeit, welche das zunächst ruhende Gasmolekül bei dem Zusammenstoß erlangt. v'_x bzw. v'_y seien die Komponenten dieser Geschwindigkeit in der Richtung der Geschwindigkeit des Elektrons vor dem Stoß bzw. senkrecht dazu. Ferner sei φ der Winkel, welchen die Bahn des Elektrons vor dem Stoß mit seiner Bahn nach dem Stoß bildet. Da m gegen m' zu vernachlässigen ist, so ist nach dem Impulssatz

$$m v (1 + \cos\varphi) = m' v'_x$$
$$m v \sin\varphi = m' v'_y.$$

Die Energie, welche das Gasmolekül erhält, die das Elektron also verliert, ist daher

$$\frac{m'}{2} v'^2 = \frac{m}{2}(v'^2_x + y'^2_y) = \frac{m}{2} v^2 \frac{2m}{m'}(1 + \cos\varphi).$$

Um nun den mittleren Energieverlust zu berechnen, bedenken wir, daß bei Zusammenstößen zwischen völlig elastischen Kugeln nach dem Stoß alle Richtungen gleich oft vorkommen, daß also für einen Bruchteil $\frac{1}{2}\sin\varphi\, d\varphi$ von der Gesamtzahl der Stöße der Winkel φ einen Wert zwischen φ und $\varphi + d\varphi$ besitzt. Der mittlere Energieverlust bei einer großen Zahl von Stößen ist daher

$$\frac{m}{2} v^2 \cdot \frac{m}{m'} \int_0^\pi (1 + \cos\varphi)\sin\varphi\, d\varphi = 2 \cdot \frac{m}{m'} \frac{m}{2} v^2.$$

Da nun $\frac{m}{2} v^2$ die Energie des Elektrons vor dem Stoß ist, so ist

$$k' = 2\frac{m}{m'}$$

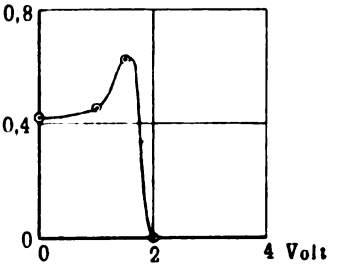
Digitized by Google

der Wert, welchen unsere Größe k annehmen müßte, wenn die Zusammenstöße wie die zwischen völlig elastischen Kugeln, also ohne eine Energieabgabe an innere Freiheitsgrade verliefen. Durch Einsetzen der Werte $m = 0{,}94 \cdot 10^{-27}$ für die Masse des Elektrons und $m' = 6{,}55 \cdot 10^{-24}$ für die Masse des Heliumatoms erhalten wir hierfür den Wert

$$k' = 2{,}9 \cdot 10^{-4}.$$

Dieser Wert stimmt nun innerhalb der Grenzen der bei den Grundlagen unserer Berechnungen möglichen Fehler mit dem Werte $k = 2{,}7 \cdot 10^{-4}$ überein, welchen wir bei der Auswertung der Messungen für den Energieverlust beim Zusammenstoß zwischen Elektronen und Heliumatomen erhalten haben. Das Ergebnis der Messungen kann also auch folgendermaßen ausgesprochen werden: Der Energieaustausch beim Zusammenstoß zwischen einem Elektron und einem Heliumatom erfolgt nach den Gesetzen des Stoßes völlig elastischer Kugeln. Das Elektron verliert an Energie nur den Betrag, welchen es nach dem Impulssatze an das Heliumatom abgeben muß. Die vom Elektron verlorene Energie tritt daher lediglich als kinetische Energie des Heliumatoms wieder in Erscheinung, eine Abgabe von Energie an innere Freiheitsgrade des Heliumatoms findet nicht statt.

Fig. 3.



Bei den anderen bisher untersuchten Gasen läßt sich der Energieverlust auf Grund der bisher vorliegenden Messungen nicht so genau angeben wie beim Helium. Beim Sauerstoff ergibt schon eine oberflächliche Betrachtung der Kurve (Fig. 3), daß die unserer Rechnung zugrundeliegenden Annahmen nicht mehr erfüllt sind, denn hier ist der Energieverlust beim einzelnen Stoß nicht mehr klein gegen die Gesamtenergie des Elektrons, und infolgedessen sind die Geschwindigkeiten der durch das Drahtnetz hindurchtretenden Elektronen nicht mehr gleichmäßig auf alle Richtungen verteilt, wie sich deutlich aus der Form der Kurven ergibt, in welcher sich das Vorherrschen der Geschwindigkeitsrichtung in der Richtung des elektrischen Feldes durch das Auftreten eines deutlichen Maximums bei der Höchstgeschwindigkeit bemerkbar macht. Beim Sauerstoff müssen wir uns daher mit

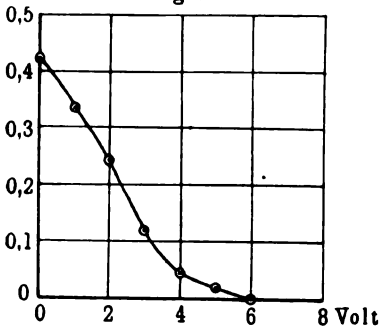
Digitized by Google

der schon früher gemachten Feststellung begnügen, daß der Zusammenstoß eines Elektrons mit einem Sauerstoffmolekül mit einem Energieverlust verbunden ist, welcher wesentlich größer ist als der im Wasserstoff und im Helium.

Beim Wasserstoff zeigen die Kurven zwar im allgemeinen den theoretisch zu erwartenden Charakter. Es ist jedoch keine einheitliche Endgeschwindigkeit vorhanden. Die Messungsergebnisse reichen daher zu einer genauen Berechnung des Energieverlustes noch nicht aus, indessen können wir aus der Kurve doch eine mittlere Endgeschwindigkeit der Elektronen entnehmen und diesen Wert benutzen, um wenigstens die Größenordnung des Energieverlustes im Wasserstoff festzulegen, über welche wir bisher noch gar nichts aussagen konnten.

Wir legen der Berechnung eine Meßreihe zugrunde, welche schon in der vorher erwähnten Arbeit von FRANCK und mir mitgeteilt worden ist. Bei dieser Meßreihe hatten die vom Glühdraht kommenden Elektronen im Wasserstoff von 0,28 mm Druck auf einer Strecke von 2,4 cm eine Spannung von 8 Volt zu durchlaufen. Die aus den Meßresultaten durch graphische Differentiation gewonnene „Energieverteilungskurve“ ist in Fig. 4 dargestellt. An Stelle des plötzlichen Abfalls bei dem der Endgeschwindigkeit der Elektronen entsprechenden Potential, wie ihn die theoretische und die im Helium gemessenen Kurven zeigen, hat die Wasserstoffkurve einen allmählichen Abfall als Zeichen dafür, daß die Elektronen hier keine einheitliche Endgeschwindigkeit erlangen, sondern daß sich ihre Geschwindigkeiten über ein gewisses Gebiet verteilen. Wir können aber den mittleren Wert der Endgeschwindigkeit der Elektronen mit für unsere Größenordnungsberechnung genügender Genauigkeit aus der Kurve entnehmen, indem wir den Punkt steilsten Abfalls aufsuchen. Dieser liegt etwa bei 2,5 Volt. Wir können daher der Berechnung folgende Angaben zugrunde legen: Elektronen, welche in Wasserstoff von 0,28 mm Druck auf einem Wege von 2,4 cm eine Spannung

Fig. 4.



Digitized by Google

von 8 Volt durchlaufen, erreichen dabei im Mittel eine Endgeschwindigkeit, welche einer frei durchlaufenen Spannung von 2,5 Volt entspricht. Durch Einsetzen der den vorliegenden Bedingungen entsprechenden Werte $\lambda = 0{,}25$ cm, $\mathfrak{E} = 3{,}33$ Volt/cm, $\frac{\mathfrak{E}}{e} = 2{,}5$ Volt, $x = 2{,}4$ cm in unsere Gleichung erhalten wir

$$k = 6 \cdot 10^{-2}.$$

Wie gesagt, kann diese Zahl nicht als der genaue Wert des Energieverlustes angesprochen, sondern lediglich als eine Festlegung der Größenordnung des Energieverlustes betrachtet werden. Vergleichen wir nun diese Größenordnung mit der desjenigen Energieverlustes, welcher für den Fall völlig elastischer Zusammenstöße nach dem Impulssatze zu erwarten wäre und welcher für Wasserstoff $k' = 1{,}1 \cdot 10^{-3}$ beträgt, so sehen wir, daß der tatsächlich beobachtete von höherer Größenordnung ist. Beim Wasserstoff liegt also mit Sicherheit eine Energieabgabe an innere Freiheitsgrade des Moleküls vor.

Eine zweite Gruppe von Erscheinungen, bei welcher der Energieverlust beim Zusammenstoß zwischen Elektronen und Gasmolekülen eine Rolle spielt, ist die der Beweglichkeit von Elektronen in Gasen von hohem Druck. Bekanntlich können in Gasen sehr geringer Elektronenaffinität Elektronen dauernd frei existieren. Dies ist zuerst von Franck [1]) durch Messungen der Ionenbeweglichkeit der negativen Ionen im Helium, Argon und Stickstoff nachgewiesen worden. Kürzlich hat Haines [2]) gezeigt, daß auch in außerordentlich reinem Wasserstoff negative Ionen in Form von freien Elektronen existieren können. Bei diesen Vorgängen handelt es sich um hohe Gasdrucke und geringe Feldstärken, so daß der Energiezuwachs, welchen ein Elektron auf einem einzelnen freien Wege erhält, nur äußerst klein ist. Hier sind also die Annahmen, welche wir unserer Berechnung zugrunde gelegt haben, mit sehr großer Genauigkeit erfüllt.

Läßt man ein Elektron unter dem Einfluß einer bestimmten elektrischen Feldstärke auf der durch die Zusammenstöße mit den Gasmolekülen bedingten komplizierten Bahn ein Gas durchwandern, so wird seine Geschwindigkeit anfangs zunehmen, sie

[1]) J. Franck, Verh. d. D. Phys. Ges. **12**, 291 u. 613, 1910.
[2]) Haines, Phil. Mag. (6) **30**, 503, 1915.

Digitized by Google

wird aber nicht unbegrenzt steigen, sondern sich einem Grenzwert annähern, bei welchem der Energiezuwachs durch das Durchlaufen des elektrischen Feldes und der Energieverlust bei den Zusammenstößen mit den Gasmolekülen sich gerade das Gleichgewicht halten. Diesen Grenzwert der Geschwindigkeit erhalten wir aus unserer Formel 2)

$$E = \frac{m}{2} v^2 = \frac{\lambda \mathfrak{E} e}{\sqrt{2k}} \frac{e^{2\sqrt{2k}\frac{x}{\lambda}} - 1}{e^{2\sqrt{2k}\frac{x}{\lambda}} + 1},$$

indem wir zur Grenze $x = \infty$ übergehen. Wir erhalten so für v_∞ den Wert

$$v_\infty = \sqrt[4]{\frac{2}{k}} \sqrt{\lambda \mathfrak{E} \frac{e}{m}}.$$

Diese Größe ist der Messung schwer zugänglich, tatsächlich gemessen aber ist die Fortschreitungsgeschwindigkeit, mit welcher die Elektronen im Gleichgewichtszustand im Gase fortschreiten, denn diese Größe ist das Produkt aus Ionenbeweglichkeit und elektrischer Feldstärke. Diese Fortschreitungsgeschwindigkeit erhalten wir mit Hilfe der Formel 1)

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\gamma \lambda}{v} = \frac{\mathfrak{E} e}{m} \cdot \frac{\lambda}{v},$$

welche nach Einsetzen des Wertes für v_∞ ergibt:

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_\infty = \sqrt{\lambda \frac{\mathfrak{E} e}{m}} \sqrt[4]{\frac{k}{2}}.$$

Dies also ist die Geschwindigkeit, mit welcher Elektronen bei hohem Gasdruck in einem elektrischen Felde von der Feldstärke $\mathfrak{E}$ fortschreiten. An dieser Formel fällt zweierlei auf: Erstens ist die Fortschreitungsgeschwindigkeit nicht der elektrischen Feldstärke, sondern der Wurzel aus derselben proportional. Der sonst bei Gasionen gebräuchliche Begriff der Ionenbeweglichkeit verliert also hier seinen Sinn. Auf diese Tatsache hat FRANCK schon in seinen ersten Arbeiten über die Beweglichkeit der Elektronen in Edelgasen hingewiesen. Zweitens ist die Fortschreitungsgeschwindigkeit proportional der vierten Wurzel aus der Größe k, sie ist also um so größer, je größer der Energieverlust beim Zusammenstoß zwischen Elektronen und Gasmolekülen ist. Dies scheint zunächst mit den Tatsachen in Widerspruch zu stehen,

Digitized by Google

da man doch überhaupt nur in Gasen mit sehr geringer Elektronenaffinität die abnorm großen Werte für die Beweglichkeit der negativen Ionen erhält. Der Grund liegt in folgendem: Je größer der Energieverlust beim Zusammenstoß ist, um so kleiner ist die Endgeschwindigkeit, welche das Elektron im elektrischen Felde erreicht. Die Fortschreitungsgeschwindigkeit aber ist, wie oben abgeleitet, umgekehrt proportional der Geschwindigkeit des Elektrons. Es ist daher verständlich, daß eine Vergrößerung des Energieverlustes, welche eine Verkleinerung der Endgeschwindigkeit bedeutet, eine Erhöhung der Fortschreitungsgeschwindigkeit der Elektronen bedingt. Diese Steigerung hat natürlich ihre Begrenzung darin, daß in Gasen, in denen der Energieverlust eine gewisse Größe übersteigt, also in Gasen, deren Affinität zum Elektron zu groß ist, freie Elektronen nicht mehr existieren können, da die Elektronen von den Gasmolekülen angelagert und so zu langsamen Ionen umgebildet werden.

Berechnet man sich nun den Wert für die Elektronenbeweglichkeit, welcher sich nach dieser Theorie unter Verhältnissen ergeben würde, wie sie z. B. bei den FRANCKschen Messungen vorlagen, so findet man, daß der theoretisch zu erwartende Wert der Beweglichkeit außerordentlich viel höher ist, als die tatsächlich beobachtete. Der Grund dafür liegt darin, daß trotz der gründlichsten, jetzt möglichen Reinigung immer noch so viel Moleküle von elektronegativen Gasen in dem Gasraum zurückbleiben, daß die Elektronen doch noch einzelne Zusammenstöße mit derartigen Molekülen erleiden, bei denen sie sich an die elektronegativen Moleküle anlagern und negative Ionen bilden. Sie legen daher nur einen Teil ihres Weges als freie Elektronen und einen anderen Teil als langsame Ionen zurück, so daß man eine Beweglichkeit erhält, welche zwar sehr viel größer als die der langsamen Ionen, aber doch noch nicht so groß wie die ist, welche man erhalten würde, wenn die Elektronen den ganzen Weg als freie Elektronen durchliefen. Um zu beweisen, daß diese Annahme über den Verlauf des Vorganges berechtigt ist, wollen wir berechnen, wie hoch der Partialdruck eines elektronegativen Gases in Helium von einer Atmosphäre Druck sein muß, damit gerade noch ein merklicher Bruchteil der von der Ionisierungsquelle ausgehenden Elektronen eine bestimmte Strecke ohne Zusammenstoß mit einem elektronegativen Molekül zurücklegt. Hierzu berechnen wir uns

Digitized by Google

zunächst die Länge der wahren Bahn des Elektrons, welche es durchläuft, während es um das Stück x in der Richtung der elektrischen Feldstärke fortschreitet. Sie ist

$$l = x \frac{v}{\frac{dx}{dt}}$$

oder, wenn ich für die Geschwindigkeit des Elektrons ihren Wert

$$v_\infty = \sqrt[4]{\frac{2}{k}} \sqrt{\lambda \mathfrak{E} \frac{e}{m}}$$

und für die zugehörige Fortschreitungsgeschwindigkeit ihren Wert

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_\infty = \sqrt[4]{\frac{k}{2}} \sqrt{\lambda \mathfrak{E} \frac{e}{m}}$$

einsetze,

$$l = x \sqrt{\frac{2}{k}}.$$

Angewandt auf die bei FRANCKS Messungen vorliegenden Verhältnisse sagt diese Gleichung aus, wenn wir $x = 5\,\text{cm}$ und für die den Energieverlust bestimmende Konstante k den oben berechneten Wert $k = 2{,}7 \cdot 10^{-4}$ setzen: während ein Elektron die 5 cm lange Strecke von der einen Platte zur anderen zurücklegt, durchläuft es in Wirklichkeit eine Bahn von 430 cm Länge. Wenn wir nun wissen wollen, wie groß der Partialdruck eines im Helium als Verunreinigung vorhandenen anderen Gases höchstens sein darf, damit noch ein merklicher Bruchteil, also etwa $1/100$ der Elektronen, die Gasstrecke ohne Zusammenstoß mit einem Molekül dieses fremden Gases durchläuft, so brauchen wir nur zu bedenken, daß von einer Anzahl Elektronen, welche ein Gas durchlaufen, der Bruchteil $e^{-\frac{l}{\lambda'}}$ die Strecke l ohne Zusammenstoß zurücklegt, wenn λ' die mittlere freie Weglänge der Elektronen ist. Bewegen sich die Elektronen nicht in gerader Linie, sondern, wie in unserem Falle, auf einer vielfach gebrochenen Bahn zwischen den Molekülen eines Edelgases hin und her, so bleibt die Formel doch richtig, wenn wir unter l die wahre Länge der Elektronenbahn und unter λ' die mittlere freie Weglänge verstehen, welche die Elektronen haben würden, wenn das Edelgas gar nicht und nur das fremde Gas vorhanden wäre. Wir setzen also

$$e^{-\frac{l}{\lambda'}} = 1/100$$

Digitized by Google

und erhalten daraus, indem wir für l den oben berechneten Wert $l = 430\,\text{cm}$ setzen, $\lambda' = 90\,\text{cm}$. Dies entspricht einem Partialdruck der Verunreinigung von etwa $0{,}5 \cdot 10^{-4}$ mm Hg. Wir müssen also nach unserer Theorie erwarten, daß $0{,}5 \cdot 10^{-4}$ mm elektronegatives Gas, zu Helium von einer Atmosphäre Druck zugesetzt, schon bewirken, daß von allen von der Ionisierungsquelle ausgehenden Elektronen nur der hundertste Teil die 5 cm lange Gasstrecke ohne Zusammenstoß mit einem elektronegativen Molekül durchläuft. Ein Partialdruck von $0{,}5 \cdot 10^{-4}$ mm für eine Verunreinigung in Helium von einer Atmosphäre Druck bedeutet aber, daß auf $1{,}5 \cdot 10^{6}$ Heliumatome erst ein Molekül des elektronegativen Gases kommt. Dies ist ein Reinheitsgrad, welcher die äußerste Grenze des mit den bisher zur Verfügung stehenden Mitteln Erreichbaren darstellen dürfte. Es ist also begreiflich, daß bei den bisherigen Messungen noch nicht der Zustand hat erreicht werden können, bei welchem die Elektronen dauernd als freie Elektronen das Gas durchwandern, sondern daß sie immer noch einen Teil ihres Weges als langsame Ionen zurückgelegt haben, so daß man Beweglichkeiten erhält, welche zwar die der gewöhnlichen Ionen um ein vielfaches übertreffen, aber noch nicht so groß sind, wie man sie für Elektronen erwarten müßte, welche als dauernd freie Elektronen mit einem geringen Energieverlust an den Gasmolekülen reflektiert werden.

Zusammenfassung.

1. Es werden die Gesetze für die Bewegung von Elektronen im elektrischen Felde in Gasen geringer Elektronenaffinität entwickelt.

2. Aus den bereits vorliegenden Messungen der Endgeschwindigkeit, welche Elektronen im Helium im elektrischen Felde erlangen, wird der Energieverlust beim einzelnen Zusammenstoß zwischen einem Elektron und einem Heliumatom berechnet. Er beträgt das $2{,}7 \cdot 10^{-4}$ fache der Energie des Elektrons.

3. Aus der Übereinstimmung dieser Größe mit der Größe $2{,}9 \cdot 10^{-4}$, welche sich für den Energieverlust ergeben würde, wenn die Zusammenstöße zwischen Elektronen und Heliumatomen nach den Gesetzen der Zusammenstöße zwischen elastischen Kugeln verliefen, wird geschlossen, daß beim Zusammenstoß zwischen Elektronen und Heliumatomen eine Energieabgabe an innere

Digitized by Google

Freiheitsgrade des Heliumatoms nicht erfolgt, so daß die ganze, vom Elektron verlorene Energie als kinetische Energie des Heliumatoms in Erscheinung tritt.

4. Für Wasserstoff läßt sich aus den vorliegenden Messungen nur die Größenordnung des Energieverlustes angeben. Sie beträgt das $6 \cdot 10^{-2}$fache der Energie des stoßenden Elektrons. Beim Zusammenstoß eines Elektrons mit einem Wasserstoffmolekül findet also eine Energieabgabe an innere Freiheitsgrade des Wasserstoffmoleküls statt.

5. Es wird die Theorie der Bewegung freier Elektronen in Gasen von hohem Druck entwickelt und der große Einfluß außerordentlich geringer Verunreinigungen auch quantitativ mit der Theorie in Übereinstimmung gefunden.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität, 2. Nov. 1917

Digitized by Google

1917. Heft 23/24.

Berichte

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

enthaltend

Verhandlungen

der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

und

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der „Fortschritte der Physik", dargestellt von der
Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel
für reine Physik

Richard Assmann
für kosmische Physik

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn
1917

Monatlich zwei Nummern. — Abonnementspreis pro Jahrgang 24 Mark. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Digitized by Google

Inhalt.

1. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Seite

Bericht über die Sitzung vom 16. November 1917 289

Bericht über die Sitzung vom 30. November 1917 290

Bericht über die Sitzung vom 14. Dezember 1917 291

Emil Lampe, Beispiele zur Berechnung der Anziehung eines homogenen Rotationskörpers auf einen Massenpunkt in der Rotationsachse nach dem Newtonschen Gravitationsgesetz. (Vorgetragen in der Sitzung vom 2. November 1917) 292

G. Berndt, Druckfestigkeit von Glas und Quarz. (Mitteil. aus dem Mechan. Labor. d. Opt. Anstalt C. P. Goerz, A.-G., Berlin-Friedenau.) (Eingegangen am 22. November 1917) 314

L. Vegard, Über die Erklärung der Röntgenspektren. (Eingegangen am 3. November 1917) 328

L. Vegard, Der Atombau auf Grundlage der Röntgenspektren. (Eingegangen am 12. November 1917) 344

Mitgliederliste der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 355

Alphabetisches Namenregister zu Jahrgang 19 (1917) der Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 371

Titel und Inhalt zum 19. Jahrgang . . . . . I bis V

2. Halbmonatl. Literaturverzeichnis der Fortschritte der Physik. I. Allgemeine Physik. S. 317 u. 333. — II. Akustik. S. 319 u. 335. — III. Physikalische Chemie. S. 319 u. 335. — IV. Elektrizität und Magnetismus. S. 321 u. 337. — V. Optik des gesamten Spektrums. S. 323 u. 339. — VI. Wärme. S. 324 u. 340. — VII. Kosmische Physik. S. 328 u. 342.

Elektrische Mess-Instrumente

Meßbrücken — Galvanometer — Isolationsprüfer — Kabelmeßapparate — Kondensatoren — Widerstände

Bandbremsen — Hochspannungsanzeiger nach Zipp — Selbstinduktions-Normalien — Kompensatoren

Kurvenindikator mit Registriertrommel

Land- und Seekabelwerke Aktiengesellschaft

Abt. Apparatebau **Cöln-Nippes**

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig

Sammlung Vieweg. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften u. der Technik

Neueste Hefte:

38. **Einstein,** Prof. Dr. A., Spezielle und allgemeine Relativitätstheorie. (Gemeinverständlich.) Mit 3 Abbildungen. 1917. ℳ 2,80.

39/40. **Grammel,** Dr. R., Die hydrodynamischen Grundlagen des Fluges. Mit 83 Abbildungen. Mk. 5,60.

Weitere Hefte werden sich in Kürze anschließen.

Digitized by Google

Verhandlungen

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

19. Jahrg. 30. Dezember 1917. Nr. 23/24.

Sitzung vom 16. November 1917.

Vorsitzender: Hr. A. EINSTEIN.

Hr. **A. Einstein** gibt eine Übersicht über die wissenschaftlichen Arbeiten des verstorbenen Mitgliedes der Gesellschaft M. v. SMOLUCHOWSKI und trägt sodann vor über

die Frage der Grenzbedingungen der allgemeinen Relativitätstheorie.

Zum Abdruck in den Verhandlungen der Gesellschaft sind Mitteilungen eingegangen von

Hrn. **L. Vegard:** 1. Über die Erklärung der Röntgenspektren. 2. Der Atombau auf Grundlage der Röntgenspektra.

Als Mitglieder wurden in die Gesellschaft aufgenommen:

Hr. Ingenieur ADRIAN BAUMANN, Berlin-Siemensstadt, Kapellenstieg 1.
(Vorgeschlagen durch Hrn. A. ROTTH.)

Hr. Dr. SMEKAL, Berlin W. 30, Nollendorfstr. 29/30, Gartenhaus.
(Vorgeschlagen durch Hrn. M. PLANCK.)

Hr. Privatdozent Dr. WILHELM LENZ, München, Universität, Institut für theoretische Physik, z. Z. im Felde: Bayer. Kommando der F.-T.-Überwachung, Feldpoststation 406.
(Vorgeschlagen durch Hrn. W. KOSSEL.)

Digitized by Google

Hr. Dr. med. vet. FRITZ HAGEMANN, prakt. Tierarzt, Plön, Holstein, Am Markt.
(Vorgeschlagen durch Hrn. MAX REINHOLD.)

Hr. Privatdozent Dr. FRITZ NOETHER, Karlsruhe, Liebigstraße 27, z. Z. Berlin W. 50, Spichernstraße 3 III.
(Vorgeschlagen durch Hrn. A. EINSTEIN.)

Sitzung vom 30. November 1917.

Vorsitzender: Hr. A. EINSTEIN.

Vor Eintritt in die Tagesordnung gibt der Vorsitzende bekannt, daß das Mitglied der Gesellschaft

Rudolf Fuess

am 21. November 1917 verstorben ist. Die Anwesenden ehren das Andenken des Dahingeschiedenen durch Erheben von den Sitzen.

Sodann trägt Hr. **M. Born** vor über

die Zerstreuung des Lichtes in Substanzen mit anisotropen Molekeln.

Zur Veröffentlichung in den Verhandlungen der Gesellschaft ist eine Mitteilung eingegangen von

Hrn. **G. Berndt:** Druckfestigkeit von Glas und Quarz.

Als Mitglieder wurden in die Gesellschaft aufgenommen:

Hr. cand. phil. HANS ARONS, z. Z. Vizewachtmeister i. Versuchstruppe der A. P. K. Friedrichshagen bei Berlin.
(Vorgeschlagen durch Hrn. E. BLASIUS.)

Frl. GABR. RABEL, Berlin NW. 6, Charitéstraße 9.
(Vorgeschlagen durch Hrn. A. EINSTEIN.)

Digitized by Google

Sitzung vom 14. Dezember 1917.

Vorsitzender: Hr. A. EINSTEIN.

Hr. **Fritz Emde** (A. G.) trägt vor

über vier Modelle (Mechanismen) zur Erläuterung der FARADAY-MAXWELLschen fiktiven Spannungen.

Das erste Modell zeigt, wie sich die fiktive Kraft auf ein Flächenelement mit seiner Neigung gegen die Kraftlinien ändert.

Das zweite Modell zeigt, wie sich der wahrnehmbare Zug auf die Eisenoberfläche bei schiefem Durchgang der Kraftlinien mit der Permeabilität ändert, wenn das Feld in der angrenzenden Luft nach Größe und Richtung konstant gehalten wird.

Das dritte Modell zeigt, wie sich der wahrnehmbare Zug auf die Eisenoberfläche bei schiefem Durchgang der Kraftlinien mit dem Winkel ändert, den die Kraftlinien im Eisen mit der Flächennormale einschließen, wenn dabei Feld und Permeabilität im Eisen konstant bleiben.

Das vierte Modell zeigt für die Spannungen, die EMIL COHN für das Innere des Eisens angegeben hat, dasselbe, wie das erste Modell für die FARADAY-MAXWELLschen Spannungen.

Als Mitglieder wurden in die Gesellschaft aufgenommen:

Frl. Dr. HEDWIG KOHN, Assistentin am Physikalischen Institut der Universität Breslau, Kürassierstraße.
(Vorgeschlagen durch Hrn. R. LADENBURG.)

Hr. Dr. BIRNBAUM, Assistent am Physikalischen Institut der Universität Jena, z. Z. wissenschaftlicher Hilfsarbeiter bei der Inspektion des Torpedowesens in Kiel, Schwanenweg 27.
(Vorgeschlagen durch Hrn. M. PIRANI.)

Hr. Prof. Dr. VON DEM BORNE, Berlin C 2, Neue Friedrichstraße 1.
(Vorgeschlagen durch Hrn. M. POHL.)

Digitized by Google

Beispiele zur Berechnung der Anziehung eines homogenen Rotationskörpers auf einen Massenpunkt in der Rotationsachse nach dem Newtonschen Gravitationsgesetz;

von Emil Lampe.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 2. November 1917.)

(Vgl. oben S. 242.)

Bei meinen Vorträgen über Mechanik in der Kriegsakademie stellte ich unter den Aufgaben, die von den Zuhörern zu bearbeiten waren, regelmäßig solche über die Berechnung der Anziehung zwischen homogenen materiellen Körpern und einem Massenpunkt nach dem NEWTONschen Gravitationsgesetz. Aus den Lösungen war die Geschicklichkeit der Bearbeiter in der Handhabung der Elemente der Infinitesimalberechnung und der Grundlehren der Algebra zu ersehen und ergab sich somit ein Urteil über die Kenntnisse und Fähigkeiten der Hörer; außerdem wurden dabei die oft recht irrigen Anschauungen über das Wesen und die Wirkungen solcher Anziehungen berichtigt.

Um aus leicht begreiflichen Gründen Wiederholungen derselben Fragen in den verschiedenen Jahrgängen der Vorlesungen zu vermeiden, suchte ich immer neue derartige Aufgaben zu bilden, die sich mit den als bekannt vorauszusetzenden einfachen mathematischen Hilfsmitteln lösen lassen. Zu den so entstandenen Beispielen, die ich in meiner früheren Mitteilung „Über Körper größter Anziehung“ [1]) veröffentlicht habe, füge ich jetzt als Nachtrag einige hinzu, die vielleicht an sich bemerkenswert sind, jedenfalls für ähnliche Zwecke im akademischen Unterricht benutzt werden können. Zur Zurückhaltung von ihrer Veröffentlichung liegt für mich kein Grund mehr vor, nachdem ich schon 1911 die mathematischen Vorträge an der Kriegsakademie aufgegeben habe.

Eine gegebene homogene Masse enthalte in der Kubikeinheit μ Masseneinheiten; in Kugelgestalt gebracht, ergebe sie eine

---

[1]) Verh. d. phys. Ges. zu Berlin 15, 84—100, 1896.

Digitized by Google

Kugel vom Radius R, die Masse umfaßt also $\frac{4}{3}\pi R^3\mu$ Masseneinheiten. Ein materieller Punkt mit der Masse m, der sich an der Oberfläche der homogenen Kugel befindet, wird daher von ihr mit der Kraft $A_0 = \frac{4}{3}\pi Rm\mu k$ angezogen, wo k die Gravitationskonstante ist.

Eine homogene materielle Kreisscheibe vom Radius ϱ und der Dicke dx, die mit Masse von der Dichte μ belegt ist, zieht bekanntlich einen Massenpunkt m, der sich im Abstande x von der Scheibe auf ihrer Achse befindet, mit der Kraft an:

$$dA = 2\pi m\mu k\,dx\left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2+\varrho^2}}\right),$$

wobei m als im Nullpunkt der mit der Kreisachse zusammenfallenden x-Achse liegend vorausgesetzt ist. Ist diese Achse zugleich die Rotationsachse eines Drehkörpers, so ist die Anziehung A eines Segments des Rotationskörpers, das zwischen zwei in den Abständen x_1 und x_2 zur x-Achse senkrechten Ebene liegt:

$$A = 2\pi m\mu k\int_{x_1}^{x_2} dx\left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2+\varrho^2}}\right).$$

Um die Rechnungsergebnisse der Beispiele mit sinnlichen Anschauungen zu verbinden, habe ich es immer vorgezogen, das Verhältnis $\mathfrak{A}$ der berechneten Anziehung A zu der Anziehung A_0 zwischen der Kugel vom Radius R und dem Massenpunkt m an ihrer Oberfläche zu berechnen, also $A/A_0 = \mathfrak{A}$, und kann mich dabei auf den Vorangang von GAUSS berufen[1]). Die Größe $\mathfrak{A}$ ergibt sich überall als eine Funktion einer einzigen Veränderlichen x; ihre Eigenschaften können demnach gemäß den bekannten Methoden ermittelt werden. Im besondern ist die Auffassung der Größtwerte von $\mathfrak{A}$ eine beliebte Aufgabe. Bei einigen der behandelten Beispiele wird dieser Größtwert angenähert dadurch bestimmt, daß die Funktionswerte selbst zuerst in größeren Intervallen, sodann in der Nähe des hiernach zu vermutenden Wertes in immer engeren Zwischenräumen berechnet werden. Dieses Verfahren erfordert zuweilen weniger Arbeit als die Lösung

[1]) Andere Autoren setzen die Anziehung der ganzen Masse, als in einem Punkte verdichtet, der sich im Abstande 1 von m befindet, gleich 1, die von ihnen berechneten Zahlen sind dann $\mathfrak{A}\left(\frac{4}{3}\pi\right)^{3/2}$.

Digitized by Google

der aus $d\mathfrak{A}/dx = 0$ folgenden, oft recht verwickelten transzendenten Gleichung, welche Lösung ja auch nur durch mühsame Annäherungen erreichbar ist.

Bei den Zahlenberechnungen habe ich mich einer sechsstelligen Tafel bedient; daher kann im allgemeinen die Gültigkeit der sechsten Stelle der mitgeteilten Ergebnisse nicht gewährleistet werden. Wer je solche Rechnungen in bezug auf die unvermeidlichen Fehler geprüft hat, wird es auch verstehen, daß oft genug die fünfte Stelle nicht mehr genau erhalten wird. Bei dem Beispiel der Anziehung eines homogenen halben verlängerten Rotationsellipsoids auf einen Massenpunkt im Scheitel genügte für die geringen Exzentrizitäten $\varepsilon = 0{,}1$ und $0{,}2$ nicht einmal die siebenstellige Tafel, um brauchbare Zahlenergebnisse zu gewinnen.

I. Anziehung eines Körpers, der aus einer Halbkugel vom Radius a und aus einem auf den Grundkreis der Halbkugel aufgesetzten geraden Kreiszylinder von der Höhe h und dem Basisradius a besteht, so daß die kongruenten Basisflächen der Halbkugel und des Zylinders sich decken. Der angezogene Massenpunkt m befindet sich α) auf der Halbkugelfläche in ihrem sphärischen Mittelpunkt, β) in dem Mittelpunkt der freien Endfläche des Zylinders.

Fall α). Die Anziehung A ist die Summe der Anziehungen A_1 des Zylinders und A_2 der Halbkugel. Aus der für dA in der Einleitung gegebenen Formel findet man leicht:

$$A_1 = 2\pi m\mu k\left[h + a\sqrt{2} - \sqrt{a^2 + (a+h)^2}\right],$$
$$A_2 = 2\pi m\mu k\left[a - \tfrac{1}{3}a\sqrt{2}\right].$$

Zwischen dem Radius R der Kugel von gleicher Masse und den beiden Konstanten a und h des Körpers besteht die Gleichung:

$$\tfrac{4}{3}\pi R^3 = a^2h\pi + \tfrac{2}{3}a^3\pi, \quad \text{also } R = \sqrt[3]{\tfrac{1}{4}(3a^2h + 2a^3)};$$

folglich ist $\mathfrak{A} = (A_1 + A_2)/A_0$:

$$\mathfrak{A} = \tfrac{3}{2}\,\frac{a + h + \tfrac{2}{3}a\sqrt{2} - \sqrt{a^2 + (a+h)^2}}{\sqrt[3]{\tfrac{1}{4}(3a^2h + h^3)}}$$
$$= \frac{3\left[1 + x + \tfrac{2}{3}\sqrt{2}\right] - \sqrt{1 + (1+x)^2}}{\sqrt[3]{2\,(3x+2)}},$$

wo $h/a = x$ gesetzt ist.

Digitized by Google

Zur Bestimmung des Höchstwertes von $\mathfrak{A}$ erhält man aus $d\mathfrak{A}/dx = 0$ zunächst:

$$(2x + 1 - \tfrac{2}{3}\sqrt{2})\sqrt{1 + (1+x)^3} = 2x^2 + 3x,$$

und hieraus die kubische Gleichung für x:

$$x^3 + \tfrac{5}{6}x^2(3 - 2\sqrt{2}) - \tfrac{1}{24}x(53\sqrt{2} - 72) - \tfrac{1}{24}(17\sqrt{2} - 24) = 0,$$

oder:

$$x^3 + 0{,}1429774\,x^2 - 0{,}123054945\,x - 0{,}001734605 = 0.$$

Ihre einzige positive Wurzel ist $x = 0{,}294652$. Für sie folgt:

$$\mathfrak{A} = 1{,}006324, \quad \mathfrak{A}.(\tfrac{4}{3}\pi)^{2/3} = 2{,}59852.$$

Fall β). Es sei die Anziehung des Zylinders wieder A_1, die der Halbkugel A_2, so folgt sofort:

$$A_1 = 2\pi m\mu k(a + h - \sqrt{a^2 + h^2}).$$

Die Berechnung der Anziehung A_2 der Halbkugel werde ausführlicher angegeben. Der Nullpunkt O der x-Achse, wo sich der gegebene Massenpunkt m befindet, ist der Mittelpunkt der freien Endfläche des Zylinders. Somit ist

$$A_2 = 2\pi m\mu k \int_h^{a+h} dx \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + \varrho^2}}\right),$$

wo ϱ der Radius des Schnittkreises der Halbkugel durch eine im Abstande x von O zur x-Achse senkrechte Ebene ist. Nun ist $\varrho^2 = a^2 - (x-h)^2$, daher $x^2 + \varrho^2 = a^2 + 2hx - h^2$, und man findet leicht:

$$\int_h^{a+h} dx \left(1 - \frac{x}{\sqrt{a^2 + 2hx - h^2}}\right) = \frac{a^3}{3h^2} - \tfrac{2}{3}h + \tfrac{1}{3}\sqrt{a^2 + h^2}\left(\frac{2h^2 - a^2}{h^2}\right).$$

Die Gesamtanziehung A des Körpers oder $A_1 + A_2$ wird also:

$$A = 2\pi m\mu k\left[\frac{a^3}{3h^2} + a + \tfrac{1}{3}h - \tfrac{1}{3}\sqrt{a^2 + h^2}\,\frac{a^2 + h^2}{h^2}\right].$$

Setzt man $a/h = x$, so folgt endlich $\mathfrak{A} = A/A_0$:

$$\mathfrak{A} = \frac{x^3 + 3x + 1 - (x^2+1)^{3/2}}{\sqrt[3]{2(2x^3 + 3x^2)}}.$$

Digitized by Google

Zur Bestimmung des Höchstwertes von $\mathfrak{A}$ ergibt sich aus $d\mathfrak{A}/dx = 0$ nach einigen vereinfachenden Umrechnungen die biquadratische Gleichung:

$$4x^4 + 11x^3 - 8x^2 - 21x + 12 = 0.$$

Sie hat zwei positive Wurzeln, $x_1 = 1{,}112114$ und $x_2 = 0{,}181318$. Die erstere liefert den Höchstwert von $\mathfrak{A}$, nämlich:

$$\mathfrak{A} = 1{,}00839, \quad (\tfrac{4}{3}\pi)^{2/3}.\mathfrak{A} = 2{,}620547.$$

Die zweite Wurzel entspricht nicht einem Äußerstwerte von $\mathfrak{A}$, sie gehört zu dem Vorzeichen + vor $(x^2+1)^{3/2}$ in dem Ausdruck für $\mathfrak{A}$.

Frage: Unter welcher Bedingung ist die Anziehung A_1 einer Halbkugel vom Radius a auf den Massenpunkt m im Mittelpunkt M ihres Basiskreises gleich der Anziehung A_2 eines Zylinders vom Basisradius a und der Höhe h auf den Massenpunkt m im Mittelpunkt seines einen Basiskreises?

Aus $A_1 = 2\pi m\mu k.\frac{1}{2}a$ und $A_2 = 2\pi m\mu k(a + h - \sqrt{a^2+h^2})$ folgt, wenn $A_1 = A_2$ ist, $h = \frac{3}{4}a$. Unter dieser Bedingung erfährt also, wenn m sich in dem gemeinschaftlichen Mittelpunkt der Grundflächen von Halbkugel und Zylinder befindet, dieser Massenpunkt eine Anziehung Null von beiden Körpern.

II. Anziehung eines halben Rotationsellipsoids auf einen Massenpunkt m. Dieser Punkt befindet sich α) in dem Scheitel (oder Pol) des Rotationsellipsoids, β) in dem Mittelpunkt der Basis des Rotationsellipsoids.

Fall α), 1. Das halbe abgeplattete Rotationsellipsoid.

Der Pol O sei der Anfangspunkt des Koordinatensystems, die Rotationsachse die y-Achse; dann ist die gesuchte Anziehung:

$$A = 2\pi m\mu k \int_0^b dy \left(1 - \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}\right),$$

wo x^2 aus der Gleichung

$$\frac{x^2}{a^2} + \left(\frac{y-b}{b}\right)^2 = 1, \quad \text{also } x^2 = \frac{a^2}{b^2}(2by - y^2)$$

Digitized by Google

folgt. Die lineare Exzentrizität sei $c = \sqrt{a^2 - b^2}$; dann ist das in A vorkommende Integral:

$$\int_0^b \frac{y\,dy}{\sqrt{x^2+y^2}} = \int_0^b \frac{b\,y\,dy}{\sqrt{2\,a^2 b y - c^2 y^2}}$$

$$= \left| -\frac{b}{c^2}\sqrt{2\,a^2 b y - c^2 y^2} + \frac{a^2 b^2}{c^3} \arccos \frac{a^2 b - c^2 y}{a^2 b} \right|_0^b.$$

Hieraus folgt:

$$A = 2\pi m \mu k \left[b + \frac{b^2}{c^2}\sqrt{2\,a^2 - c^2}\,\frac{a^2 b^2}{c^3} \arccos \frac{b^2}{a^2} \right].$$

Ist $\arccos(b^2/a^2) = \alpha$, also $\cos\alpha = b^2/a^2$, so folgt

$$\sin \tfrac{1}{2}\alpha = \sqrt{\tfrac{1}{2}(1+\cos a)} = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{2\,a^2}} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}},$$

wo ε die numerische Exzentrizität der Ellipse ist; mithin $\alpha = 2 \arcsin \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} = \arccos \frac{b^2}{a^2}$. Setzt man in A für b den Wert $a\sqrt{1-\varepsilon^2}$, für c/a den Wert ε, so wird endlich $A =$

$$2\pi m \mu k\, a \left[\sqrt{1-\varepsilon^2} + \frac{1}{\varepsilon^2}(1-\varepsilon^2)\sqrt{2-\varepsilon^2} - \frac{2}{\varepsilon^3}(1-\varepsilon^2) \arcsin \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} \right].$$

Die Überführung dieses Ausdruckes in den für die Anziehung einer homogenen Halbkugel auf den Massenpunkt m in dem sphärischen Mittelpunkt der Halbkugelfläche geschieht dadurch, daß $\varepsilon = 0$ genommen wird. Die hierbei notwendige Rechnung ist etwa so durchzuführen:

$$\sqrt{2-\varepsilon^2} = \sqrt{2}\,[1 - \tfrac{1}{4}\varepsilon^2 - \tfrac{1}{32}\varepsilon^4 + \cdots],$$

$$\frac{1}{\varepsilon^2}(1-\varepsilon^2)\sqrt{2-\varepsilon^2} = \sqrt{2}\left[\frac{1}{\varepsilon^2} - \tfrac{5}{4} + \tfrac{7}{32}\varepsilon^2 + \cdots\right],$$

$$\arcsin \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} + \frac{1}{12}\frac{\varepsilon^3}{\sqrt{2}} + \cdots,$$

$$\frac{2}{\varepsilon^3}(1-\varepsilon^2) \arcsin \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\left[\frac{1}{\varepsilon^2} + \tfrac{1}{12} + \tfrac{3}{160}\varepsilon^2 + \cdots\right].$$

Mithin ist:

$$\frac{1}{\varepsilon^2}(1-\varepsilon^2)\sqrt{2-\varepsilon^2} - \frac{2}{\varepsilon^2}(1-\varepsilon^2) \arcsin \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}}$$

$$= \sqrt{2}\,[1 - \tfrac{5}{4} - \tfrac{1}{12} + \varepsilon^2 \mathfrak{P}(\varepsilon^2)],$$

Digitized by Google

wo $\mathfrak{P}(\varepsilon^2)$ eine Potenzreihe von ε^2 ist. Daher wird schließlich für $\varepsilon = 0$:

$$A = 2\pi m\mu k a\left(1 - \tfrac{1}{3}\sqrt{2}\right).$$

Geradwegig wird dieser Wert einfach so berechnet: Entsprechend der Betrachtung in der Einleitung ist

$$A = 2\pi m\mu k \int_0^a dx \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}\right),$$

wo $y^2 = 2ax - x^2$, also $x^2 + y^2 = 2ax$. Daher ist:

$$\int_0^a \frac{x\,dx}{\sqrt{x^2+y^2}} = \int_0^a \frac{dx\sqrt{x}}{\sqrt{2a}} = \frac{2}{3}\frac{a^{3/2}}{\sqrt{2a}} = \frac{1}{3}a\sqrt{2}.$$

Verglichen mit der Beziehung A_0 einer Kugel vom Radius R, die dasselbe Volumen hat wie die Halbkugel, wird $A/A_0 = \mathfrak{A}$ $= \frac{3}{2}\left(1 - \frac{1}{3}\sqrt{2}\right)\sqrt[3]{2} = 0{,}998983$, also nur wenig kleiner als 1; $\left(\frac{4}{3}\pi\right)^{2/3} \cdot \mathfrak{A} = 2{,}59586$.

Zu der Anziehung A des halben abgeplatteten Rotationsellipsoids zurückkehrend, bemerken wir zunächst, daß der Radius R einer inhaltsgleichen Kugel den Wert $R = \sqrt[3]{\frac{1}{2}a^2b}$ hat oder $a\sqrt[3]{\frac{1}{2}\sqrt{1-\varepsilon^2}}$. Setzen wir also $A/A_0 = \mathfrak{A}$, so folgt für $\mathfrak{A}$ die Formel:

$$\mathfrak{A} = \frac{3}{\sqrt[3]{4\sqrt{1-\varepsilon^2}}}\left[\sqrt{1-\varepsilon^2} + \frac{1-\varepsilon^2}{\varepsilon^2}\sqrt{2-\varepsilon^2} - \frac{2(1-\varepsilon^2)}{\varepsilon^3}\arcsin\frac{\varepsilon}{\sqrt{2}}\right].$$

Der Gang dieser Funktion von ε erhellt aus der folgenden Tabelle:

ε	0	0,1	0,2	0,3	0,4	
$\mathfrak{A}$	0,998 983	0,998825	0,998042	0,996425	0,993426	
ε	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\mathfrak{A}$	0,98787	0,977682	0,958401	0,91961	0,832768	0

Während also ε von 0 an (Halbkugel) bis zu $\varepsilon = 1$ (unendlich langer, unendlich dünner Halbstrahl) wächst, sinkt $\mathfrak{A}$ von einem nahe bei 1 liegenden Werte sehr langsam, fällt dann aber in dem Intervall 0,9 bis 1 schnell bis zu Null herab.

Digitized by Google

Fall α), 2. Das halbe verlängerte Rotationsellipsoid. Die Gleichung der Meridianellipse, bezogen auf den einen Scheitel der großen Achse $2a$ als Nullpunkt, lautet:

$$\frac{(a-x)^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1, \text{ also } y^2=\frac{b^2}{a^2}(2ax-x^2).$$

Die gesuchte Anziehung A auf den Massenpunkt m im Nullpunkt ist:

$$A=2\pi m\mu k\int_0^a dx\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}\right)$$

$$=2\pi m\mu k\left[a-\int_0^a\frac{ax\,dx}{\sqrt{c^2x^2+2ab^2x}}\right].$$

Nun ist

$$\int\frac{x\,dx}{\sqrt{c^2x^2+2ab^2x}}=\frac{1}{c^2}\sqrt{c^2x^2+2ab^2x}-\frac{ab^2}{c^2}\int\frac{dx}{\sqrt{c^2x^2+2ab^2x}},$$

und

$$\int\frac{dx}{\sqrt{c^2x^2+2ab^2x}}=\frac{1}{c}ln\left[c^2x^2+ab^2+c\sqrt{c^2x^2+2ab^2x}\right].$$

Daher wird:

$$A=2\pi m\mu k\left[a-\frac{a}{c^2}\sqrt{c^2+2b^2}+\frac{ab^2}{c^3}ln\frac{c^2+b^2+ac\sqrt{c^2+2b^2}}{b^2}\right]$$

$$=2\pi m\mu ka\left[1-\frac{1}{\varepsilon^2}\sqrt{2-\varepsilon^2}+\frac{1-\varepsilon^2}{\varepsilon^3}ln\frac{1+\varepsilon\sqrt{2-\varepsilon^2}}{1-\varepsilon^2}\right].$$

Der Radius R der mit dem halben Ellipsoid inhaltsgleichen Kugel ist:

$$R=\sqrt[3]{\frac{ab^2}{2}}=a\sqrt[3]{\tfrac{1}{2}(1-\varepsilon^2)}.$$

Mithin wird der Ausdruck von $\mathfrak{A}=A/A_0$ als Funktion von ε in der Gestalt gefunden:

$$\mathfrak{A}=\frac{3}{\sqrt[3]{4(1-\varepsilon^2)}}\left[1-\frac{1}{\varepsilon^2}\sqrt{2-\varepsilon^2}+\frac{1-\varepsilon^2}{\varepsilon^3}ln\frac{1+\varepsilon\sqrt{2-\varepsilon^2}}{1-\varepsilon^2}\right].$$

Will man die Formel für $\mathfrak{A}$ in einer Gestalt erhalten, die der bei dem abgeplatteten Ellipsoid sich nähert, so muß man bei der Berechnung des bestimmten Intergrals in A zu den inversen Hyperbelfunktionen greifen, speziell die Formel benutzen:

$$\int\frac{dx}{\sqrt{x^2-1}}=\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,x.$$

Digitized by Google

Es ist

$$c^2x^2 + ab^2x = \frac{a^2b^4}{c^2}\left[\left(\frac{c^2x + ab^2}{c^2}\right)^2 \cdot \frac{c^4}{a^2b^4} - 1\right].$$

Substituiert man daher

$$\frac{c^2x + ab^2}{c^2} \cdot \frac{c^2}{ab^2} = u,$$

so wird

$$\int \frac{dx}{\sqrt{c^2x^2 + ab^2x}} = \int \frac{du}{c\sqrt{u^2 - 1}} = \frac{1}{c}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,\frac{c^2x + ab^2}{ab^2}.$$

Zwischen den Grenzen 0 und a genommen, nimmt also das Integral den Wert an:

$$\frac{1}{c}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,\frac{b^2 + c^2}{b^2} = \frac{1}{c}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,\frac{a^2}{b^2}.$$

Es sei $\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,\frac{a^2}{b^2} = \alpha$, folglich $\frac{a^2}{b^2} = \mathfrak{Cof}\,\alpha$; dann ist:

$$\mathfrak{Sin}\,\tfrac{1}{2}\alpha = \sqrt{\tfrac{1}{2}(\mathfrak{Cof}\,\alpha - 1)} = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{2b^2}} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2(1-\varepsilon^2)}};$$

$$\alpha = 2\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{\varepsilon}{\sqrt{2(1-\varepsilon^2)}}.$$

Hieraus folgt zunächst:

$$A = 2\pi m\mu k\left[a - \frac{a}{c^2}\sqrt{2b^2 + c^2} + \frac{ab^2}{c^3}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,\frac{a^2}{b^2}\right],$$

und schließlich aus $A/A_0 = \mathfrak{A}$ die Formel für $\mathfrak{A}$ in ε:

$$\mathfrak{A} = \frac{3}{\sqrt[3]{4(1-\varepsilon^2)}}\left[1 - \frac{1}{\varepsilon^2}\sqrt{2-\varepsilon^2} + \frac{2(1-\varepsilon^2)}{\varepsilon^3}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{\varepsilon}{\sqrt{2(1-\varepsilon^2)}}\right].$$

Zur Prüfung der Richtigkeit der Rechnung werde auch hier der Wert von $\mathfrak{A}$ für $\varepsilon = 0$ (Halbkugel) aus dem gefundenen Ausdruck hergeleitet. Bekanntlich ist

$$\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,x = x - \tfrac{1}{6}x^3 + \tfrac{3}{40}x^5 - \cdots,$$

also:

$$\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{\varepsilon}{\sqrt{2(1-\varepsilon^2)}} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2(1-\varepsilon^2)}} - \frac{\varepsilon^3}{12\sqrt{2}(1-\varepsilon^2)^{3/2}} + \cdots,$$

$$\frac{2(1-\varepsilon^2)}{\varepsilon^3}\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{\varepsilon}{\sqrt{2(1-\varepsilon^2)}} = \frac{\sqrt{2}}{\varepsilon^3}\left[\varepsilon(1-\varepsilon^2)^{1/2} - \frac{\varepsilon^3}{12\sqrt{2}(1-\varepsilon^2)^{1/2}} + \cdots\right]$$

$$= \sqrt{2}\left[\frac{1}{\varepsilon^2} - \frac{1}{2} - \frac{1}{16}\varepsilon^2 - \cdots - \frac{1}{12(1-\varepsilon^2)^{1/2}} + \cdots\right],$$

Digitized by Google

wo die durch Punkte angedeuteten, nicht hingesetzten Glieder höhere Potenzen von ε zu Faktoren haben. Hieraus folgt unter Hinzunahme von

$$\frac{1}{\varepsilon^2}(2-\varepsilon^2)^{1/2} = \frac{\sqrt{2}}{\varepsilon^2}\left(1-\frac{\varepsilon^2}{2}\right)^{1/2} = \sqrt{2}\left(\frac{1}{\varepsilon^2}-\frac{1}{4}+\cdots\right)$$

der Wert der Differenz:

$$-\frac{1}{\varepsilon^2}\sqrt{2-\varepsilon^2}+\frac{2(1-\varepsilon^2)}{\varepsilon^2}\operatorname{Ar}\operatorname{Sin}\frac{\varepsilon}{\sqrt{2(1-\varepsilon^2)}}$$
$$=\sqrt{2}\left(-\frac{1}{\varepsilon^2}+\frac{1}{4}\cdots+\frac{1}{\varepsilon^2}-\frac{1}{2}-\frac{1}{12\sqrt{1-\varepsilon^2}}\cdots\right)$$
$$=\sqrt{2}\left(-\frac{1}{4}-\frac{1}{12\sqrt{1-\varepsilon^2}}\cdots\right).$$

Für $\varepsilon = 0$ wird demnach:

$$\mathfrak{A} = \tfrac{\pi}{2}\sqrt[3]{2}\,(1-\tfrac{1}{3}\sqrt{2}).$$

In ähnlicher Weise läßt sich die Überführung des Ausdruckes von $\mathfrak{A}$, der statt $\operatorname{Ar}\operatorname{Sin}\varepsilon\sqrt{2(1-\varepsilon^2)}$ den natürlichen Logarithmus enthält, für $\varepsilon = 0$ in den Wert von $\mathfrak{A}$ für die Halbkugel bewerkstelligen. Es ist nämlich

$$\varepsilon\sqrt{2-\varepsilon^2}-(1-\varepsilon^2)\,ln\frac{1+\varepsilon\sqrt{2-\varepsilon^2}}{1-\varepsilon^2} = \varepsilon\sqrt{2-\varepsilon^2}$$
$$-(1-\varepsilon^2)\left[\varepsilon\sqrt{2-\varepsilon^2}-\tfrac{1}{2}\varepsilon^2(2-\varepsilon^2)+\tfrac{1}{3}\varepsilon^3(2-\varepsilon^2)^{3/2}-\cdots\right.$$
$$\left.+\varepsilon^2+\tfrac{1}{2}\varepsilon^4+\tfrac{1}{3}\varepsilon^6+\cdots\right]$$
$$=\varepsilon^3\sqrt{2-\varepsilon^2}+\tfrac{1}{2}\varepsilon^2(2-\varepsilon^2)-\tfrac{1}{3}\varepsilon^3(2-\varepsilon^2)^{3/2}-\cdots-\varepsilon^2+\tfrac{1}{2}\varepsilon^4+\cdots$$

Dividiert man diese Gleichung durch ε^3, so folgt:

$$\frac{1}{\varepsilon^2}\sqrt{2-\varepsilon^2}-\frac{1-\varepsilon^2}{\varepsilon^3}\,ln\frac{1+\varepsilon\sqrt{2-\varepsilon^2}}{1-\varepsilon^2} = \sqrt{2-\varepsilon^2}\,[1-\tfrac{1}{3}(2-\varepsilon^2)\ldots].$$

Für $\varepsilon = 0$ geht dies über in $\sqrt{2}.\frac{2}{3}$; daher wird

$$\mathfrak{A} = \tfrac{3}{2}(1-\tfrac{1}{3}\sqrt{2})\sqrt[3]{2}.$$

Zur Verfolgung des Ganges der Funktion $\mathfrak{A}$ von ε setzen wir die umstehende kleine Tafel her.

Die Reihe der Werte für die Funktion $\mathfrak{A}$ bei dem abgeplatteten halben Rotationsellipsoid findet also bei dem Wert $\varepsilon = 0$, d. h. für die Kugel, ihre stetige Fortsetzung durch die Werte für die andere Funktion $\mathfrak{A}$ bei dem verlängerten halben Rotationsellipsoid

Digitized by Google

Werte der Funktion $\mathfrak{A}$ von ε.

α), 1. Bei dem abgeplatteten Rotationsellipsoid.

ε	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
$\mathfrak{A}$	0	0,832768	0,91961	0,958401	0,977682	0,98787

ε	0,4	0,3	0,2	0,1	0
$\mathfrak{A}$	0,993426	0,996425	0,998042	0,998825	0,998983

α), 2. Bei dem verlängerten Rotationsellipsoid.

ε	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\mathfrak{A}$	0,998983	0,991924	0,991514	1,000413	1,000772	0,999873

ε	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\mathfrak{A}$	0,998572	0,984608	0,955249	0,869033	0

und erreicht hier ihren Höchstwert in der Nähe von $\varepsilon = 0{,}4$, den näher zu bestimmen ich mich nicht bemüht habe. Bringt man also eine gegebene homogene Masse in die Gestalt eines halben Rotationsellipsoids, so erfährt der im Scheitel befindliche Punkt m die größte Anziehung bei dem halben verlängerten Rotationsellipsoid, dessen Exzentrizität in der Nähe von 0,4 liegt (b in der Nähe von $0{,}9\,a$).

Fall β. Der Massenpunkt m liegt im Mittelpunkt des halben Rotationsellipsoids.

Wir betrachten das halbe Ellipsoid, das durch Rotation der Ellipse $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$ um die y-Achse entsteht. Die Anziehung A wird durch die Formel bestimmt:

$$A = 2\pi m\mu k \int_0^b dy \left(1 - \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}\right).$$

Aus $x^2 = \frac{a^2}{b^2}(b^2 - y^2)$ folgt $x^2 + y^2 = \frac{a^2}{b^2}(b^2 - \varepsilon^2 y^2)$.

Nun ist

$$-\int_0^b \frac{y\,dy}{\sqrt{x^2+y^2}} = -\int_0^b \frac{b\,y\,dy}{a\sqrt{b^2-\varepsilon^2 y^2}} = +\frac{b}{a\,\varepsilon^2}\sqrt{b^2-\varepsilon^2 y^2}\Big|_0^b$$

$$= \frac{b^2\sqrt{1-\varepsilon^2} - b^2}{a\,\varepsilon^2} = \frac{b^3 - a\,b^2}{a^2 - b^2} = -\frac{b^2}{a+b}.$$

Digitized by Google

Daher wird $A = 2\pi m\mu k \frac{ab}{a+b}$. Dieser in a und b symmetrische Ausdruck gilt mithin auch für das halbe verlängerte Rotationsellipsoid.

Der Radius R einer inhaltsgleichen Kugel ist $R = \sqrt[3]{\frac{1}{2}a^2b}$; deshalb ist

$$\mathfrak{A} = \frac{3}{2}\frac{ab}{(a+b)\sqrt[3]{\frac{1}{2}a^2b}} = \frac{3z}{(1+z)\sqrt[3]{4z}} \left(\text{für } \frac{a}{b} = z\right).$$

Aus $d\mathfrak{A}/dz = 0$ folgt $z^3 - 3z - 2 \equiv (z-2)(z+1)^2 = 0$, also $z = 2$, $b = 2a$. Die größte Anziehung eines halben homogenen Rotationsellipsoids von gegebenem Inhalt ergibt sich für das verlängerte Rotationsellipsoid, in welchem die große Halbachse doppelt so groß wie die kleine ist, und zwar wird $\mathfrak{A}$ in diesem Falle gleich 1, d. h. ebenso groß wie die Anziehung einer homogenen Kugel von gleichem Inhalt auf denselben Massenpunkt an ihrer Oberfläche.

Die Ausdehnung der hier behandelten Aufgabe auf ein Segment eines Rotationsellipsoids, das durch eine zur Rotationsachse senkrechte Ebene von ihnen abgetrennt wird, bietet zwar keine prinzipiellen Schwierigkeiten, führt aber auf verwickelte, schwieriger zu diskutierende Endformeln.

III. Der anziehende Körper besteht aus einem halben abgeplatteten Rotationsellipsoid, auf dessen Basiskreis vom Radius a eine Halbkugel mit kongruenter Basis aufgesetzt ist. Der angezogene Punkt m befindet sich im Pole des Ellipsoids.

Die Anziehung A_1 des halben Ellipsoids ist nach Fall α) der vorangegangenen Aufgabe:

$$A_1 = 2\pi m\mu k\left[b + \frac{b^2}{c^2}\sqrt{a^2+b^2} - \frac{2a^2b^2}{c^2}\arccos\frac{\varepsilon}{\sqrt{2}}\right].$$

Die Anziehung A_2 der Halbkugel folgt aus der in Fall β) der ersten Aufgabe entwickelten Formel, in der h durch b zu ersetzen ist, also:

$$A_2 = 2\pi m\mu k\left[\frac{a^3}{3b^2} + a + \frac{1}{3}b - \frac{1}{3b^2}(a^2+b^2)^{3/2}\right].$$

Daher wird $A = A_1 + A_2$ erhalten aus:

$$A = 2\pi m\mu k\left[\frac{a^3+b^3}{3b^2} + \frac{3a^2b^2+b^4-a^4}{3b^2c^2}\sqrt{a^2+b^2} - \frac{2a^2b^2}{c^3}\arcsin\frac{\varepsilon}{\sqrt{2}}\right].$$

Digitized by Google

Der Radius R einer Kugel vom gleichen Volumen wie der behandelte Körper ist $\sqrt[3]{\frac{1}{2}(a^3 + a^2 b)}$. Ist die Anziehung dieser Kugel auf den Massenpunkt m an ihrer Oberfläche A_0, so erhält man, wenn b und c durch a und ε ausgedrückt werden, für $A/A_0 = \mathfrak{A}$ den Wert:

$$\mathfrak{A} = \frac{3}{\sqrt[3]{\sqrt{4(1+\sqrt{1-\varepsilon^2})}}} \left[\frac{1+(1-\varepsilon^2)^{3/2}}{3(1-\varepsilon^2)} + \frac{(1-\varepsilon^2)^2 + 3(1-\varepsilon^2) - 1}{3\varepsilon^2(1-\varepsilon^2)} \sqrt{2-\varepsilon^2} - \frac{2(1-\varepsilon^2)}{\varepsilon^3} \arcsin \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} \right].$$

Um das Maximum von $\mathfrak{A}$ als Funktion von ε zu ermitteln, schien es mir zu umständlich, die Gleichung für ε aus $d\mathfrak{A}/d\varepsilon = 0$ zu entwickeln und dann diese transzendente Gleichung zu lösen. Nach einiger Überlegung berechnete ich $\mathfrak{A}$ für die Werte $\varepsilon = 0{,}8$ bis 0,83, um je 0,01 steigend, und erhielt:

ε	0,8	0,81	0,82	0,83
$\mathfrak{A}$	1,02443	1,02452	1,024598	0,024542

Da hiernach das Maximum von $\mathfrak{A}$ für ε zwischen 0,82 und 0,83 liegt und offenbar näher an 0,82, so berechnete ich weiter die folgenden Werte:

ε	0,821	0,822	0,823	0,824
$\mathfrak{A}$	1,024599	1,024616	1,024592	1,024589

Demnach liegt das Maximum in der Nähe von 0,822. Der Wert 1,024616 liegt nur wenig unter dem Größtwert 1,025986 der Anziehung derselben homogenen Masse beim Körper größter Anziehung.

IV. Anziehung des Segments eines Rotationsparaboloids zwischen zwei Ebenen senkrecht zur Hauptachse, von denen die eine durch den Brennpunkt geht, die andere im Abstande x_0 vom Brennpunkte.

Der Brennpunkt wurde als Nullpunkt des Koordinatensystems gewählt, die Hauptachse der Parabel als x-Achse. Dann ist die Gleichung der Parabel in Polarkoordinaten r, φ bekanntlich $r = p/(1 - \cos\varphi)$. Die gesuchte Anziehung A ist

$$A = 2\pi m \mu k \int_0^{\varphi_0} dx\,(1 - \cos\varphi),$$

Digitized by Google

und

$$x = r\cos\varphi = \frac{p\cos\varphi}{1-\cos\varphi} = \frac{p(\cos\varphi-1)}{1-\cos\varphi} + \frac{p}{1-\cos\varphi},$$

$$dx = \frac{-p\sin\varphi}{(1-\cos\varphi)^2}, \quad \int_0^{x_0} dx\,(1-\cos\varphi) - \int_0^{\varphi_0} \frac{-p\sin\varphi}{1-\cos\varphi}\,d\varphi$$
$$= -p\,ln(1-\cos\varphi_0),$$

wo φ_0 der zur Abszisse x_0 gehörige Polarwinkel ist. Also ist

$$A = -2\pi m\mu k.(1-\cos\varphi_0).$$

Das Volumen V_0 des Segments zwischen den Abszissen x_1 und x_2, gerechnet vom Scheitel des Paraboloids, ist

$$V_0 = \pi\int_{x_1}^{x_2} y^2 dx = \pi p(x_2^2 - x_1^2),$$

daher im vorliegenden Falle:

$$V = \pi p[(\tfrac{1}{2}p + x_0)^2 - \tfrac{1}{4}p^2] = \pi p[p x_0 + x_0^2]$$
$$= \frac{\pi p^2\cos\varphi_0}{1-\cos\varphi_0}\left[p + \frac{p\cos\varphi}{1-\cos\varphi_0}\right] = \frac{\pi p^3\cos\varphi_0}{(1-\cos\varphi_0)^2}.$$

Das Volumen einer gleichinhaltigen Kugel vom Radius R ist

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{\pi p^3\cos\varphi_0}{(1-\cos\varphi_0)^2}, \quad R = p\sqrt[3]{\frac{3\cos\varphi_0}{4(1-\cos\varphi_0)^2}}.$$

Ihre Anziehung A_0 auf m an ihrer Oberfläche ist

$$A_0 = \tfrac{4}{3}\pi m\mu k R,$$

daher:

$$\frac{A}{A_0} = \mathfrak{A} = -\frac{3}{2}\frac{p}{R}ln(1-\cos\varphi_0) = -ln(1-\cos\varphi_0)\sqrt[3]{\frac{9(1-\cos\varphi_0)^2}{2\cos\varphi_0}}.$$

Setzt man $1-\cos\varphi_0 = z$, also $1-z = \cos\varphi_0$, so wird

$$\mathfrak{A} = -ln\,z.\sqrt[3]{\frac{9}{2}\frac{z^2}{1-z}}.$$

Zur Bestimmung des Maximums von $\mathfrak{A}$ bilde man

$$\frac{d\mathfrak{A}}{dz} = -\sqrt[3]{\frac{9}{2}}\left\{\frac{1}{z}\sqrt[3]{\frac{z^2}{1-z}} + ln\,z\cdot\frac{1}{3}\sqrt[3]{\left(\frac{1-z}{z^2}\right)^2}\cdot\frac{2z(1-z)+z^2}{(1-z)^2}\right\}.$$

$d\mathfrak{A}/dz$ ist Null, wenn

$$\frac{1}{z}\cdot\frac{z^2}{1-z} + \frac{1}{3}ln\,z\cdot\frac{2z-z^2}{1-z^2} = 0, \text{ d. h. } \frac{1-z}{2-z} + \frac{1}{3}ln\,z = 0,$$

*

Digitized by Google

oder $f(\varepsilon) = 0$, wenn $f(\varepsilon) = \frac{1-\varepsilon}{2-\varepsilon} + \frac{1}{3} ln\, \varepsilon$. Bildet man noch $f'(\varepsilon) = \frac{-1}{(2-\varepsilon)^2} + \frac{1}{3\varepsilon}$, so findet man mit Benutzung der NEWTONschen Näherung für die Auflösung von $f(\varepsilon) = 0$ den Wert $\varepsilon = 0{,}286832$. Daraus folgt als Maximalwert von $\mathfrak{A}$:

$$\mathfrak{A} = 1{,}003703 \text{ (oder } 2{,}608314 \text{ in absolutem Maß).}$$

$$\varphi_0 = 44^\circ 30' 34{,}25'', \quad r_0 = 3{,}486361\, p, \quad x_0 = 2{,}486361\, p.$$

V. Der anziehende Körper sei gebildet aus einem Segment eines Rotationsparaboloids, das durch eine zur Hauptachse senkrechte Ebene im Abstande h vom Scheitel abgeschnitten wird, und durch eine Halbkugel, deren Basis mit dem Grenzkreis des parabolischen Körpersegments zusammenfällt. Der Massenpunkt m befindet sich α) im Scheitel des Paraboloids, β) im sphärischen Mittelpunkt der Halbkugel.

Fall α). Die Anziehung A des parabolischen Segments ist

$$A_1 = 2\pi m\mu k \int_0^h dx \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + 2px}}\right)$$

$$= 2\pi m\mu k \left[h - \sqrt{p^2 + 2ph}\right] + pl n \frac{1}{p}(h + p + \sqrt{h^2 + 2ph}).$$

Setzt man $2ph = a^2$, wo a der Radius der Basis des Segments ist, so wird also, wenn noch das Verhältnis a/h mit x bezeichnet wird:

$$A_1 = 2\pi m\mu k h \left[1 - \sqrt{1+x^2} + \tfrac{1}{2} x^2 ln \frac{(2 + x^2 + 2\sqrt{x^2+1})}{x^2}\right],$$

oder, da $2 + x^2 + 2\sqrt{x^2+1} = (1 + \sqrt{x^2+1})^2$ ist:

$$A_1 = 2\pi m\mu k h \left[1 - \sqrt{1+x^2} + x^2 ln \frac{(1 + \sqrt{x^2+1})}{x}\right].$$

Das hierin vorkommende Integral $\int dx \sqrt{x^2 + 2px}$ hat, durch die inverse Hyperbelfunktion ausgedrückt, den Wert:

$$\int \frac{dx}{\sqrt{p^2 + 2px}} = \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof} \cdot \frac{x+p}{p} = 2\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin} \sqrt{\frac{x}{2p}} \Big|_0^h = \mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Sin} \frac{h}{a}.$$

Die Anziehung A_2 der Halbkugel kann nach Fall β) der Aufgabe I so geschrieben werden (für $x = a/h$):

$$A_2 = 2\pi m\mu k h \left[\tfrac{1}{3} x^3 - \tfrac{2}{3} + \tfrac{1}{3}(1 + x^2)^{1/2}(2 - x^2)\right],$$

Digitized by Google

also ist $A_1 + A_2 = A$:

$$A = \tfrac{2}{3}\pi m\mu k h\left[1 + x^3 - (1+x^2)^{3/2} + 3x^2 ln\,\frac{1+\sqrt{x^2+1}}{x}\right].$$

Aus $\frac{4}{3}R^3\pi = \frac{1}{2}\pi a^2 h + \frac{2}{3}\pi a^3$ folgt $R = \frac{1}{2}\sqrt[3]{3a^2h + 4a^3}$, mithin $\mathfrak{A} = A/A_0$:

$$\mathfrak{A} = \frac{1 + x^3 - (1+x^2)^{3/2} + 3x^2 ln\,\frac{1+\sqrt{1+x^2}}{x}}{\sqrt[3]{2x^2 + 7x^3}}.$$

Um den Maximalwert von x zu finden, berechne man die folgende Tabelle:

x	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$\mathfrak{A}$	1,0181	1,019	1,0194	1,0199	1,019945	1,0198

Hiernach sieht man, daß das Maximum für $\mathfrak{A}$ zwischen $x = 2{,}3$ und 2,4 liegt. Weitere Berechnungen zeigen:

x	2,37	2,38	2,39
$\mathfrak{A}$	1,0199574	1,0199557	1,0199525

Somit liegt das Maximum in der Nähe von $x = 2{,}38$ und beträgt etwa 1,01996.

Frage: Unter welcher Bedingung ist die Anziehung des Paraboloidsegmentes auf den Punkt m im Mittelpunkt des Basiskreises ebenso groß, wie die Anziehung der Halbkugel auf denselben Punkt?

Die Anziehung A_1 der Halbkugel auf m beträgt

$$A_1 = 2\pi m\mu k . \tfrac{1}{2}a.$$

Die Gleichung der Parabel $y^2 = 2px$ geht für den Mittelpunkt des Basiskreises des Paraboloidsegmentes als Nullpunkt über in $y^2 = 2p(h-x)$. Der Radius ϱ eines im Abstande x senkrecht zur x-Achse geführten Querschnittes ist gleich y; also ist $x^2 + \varrho^2 = x^2 - 2px + a^2$. Folglich ist

$$A_2 = 2\pi m\mu k\int_0^h dx\left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 - 2px + a^2}}\right).$$

Nun ist

$$\int_0^h \frac{x\,dx}{\sqrt{x^2-2px+a^2}} = \sqrt{x^2-2px+a^2} + p\,ln\,(x - p + \sqrt{x^2-2px+a^2})\Big|_0^h$$
$$= h - a + p\,ln\,\frac{2h-p}{a-p}.$$

Digitized by Google

Ferner ist

$$a^2 = 2hp,\ p = \frac{a^2}{2h},\ \text{also}\ \frac{2h-p}{a-p} = \frac{4h^2-a^2}{2ah-a^2} = \frac{2h+a}{a},$$

also schließlich:

$$A_2 = 2\pi m\mu k\left(a - p\,ln\frac{2h+a}{a}\right).$$

Die Gleichung $A_2 = A_1$ liefert somit:

$$a - \frac{a^2}{2h}\,ln\frac{2h+a}{a} = \tfrac{1}{2}a,\ \text{d. h.}\ \frac{a}{h}\,ln\left(\frac{2h+a}{a}\right) = 1,$$

oder für $\frac{h}{a} = x$:

$$ln(2x+1) = x.$$

Diese transzendente Gleichung hat die Wurzel $x = 1{,}25643$, also $h = 1{,}25643\,a$.

Fall β). Berechnung der Anziehung A_1 des Paraboloidsegmentes auf den Punkt m im sphärischen Mittelpunkt der Halbkugelfläche. Die Gleichung der Parabel, durch deren Umdrehung das Parabaloid entsteht, ist für den sphärischen Mittelpunkt der Halbkugelfläche als Ursprung

$$y^2 = \frac{a^2}{h}(a+h-x)\ \text{oder}\ y^2 = 2p(a+h-x),\ \text{wo}\ p = \frac{a^2}{2h}.$$

Mithin ist:

$$x^2 + y^2 = x^2 + 2p(a+h-x),$$

$$\int_a^{a+h}\frac{x\,dx}{\sqrt{x^2+y^2}} = \int_a^{a+h}\frac{x\,dx}{\sqrt{x^2+2p(a+h-x)}}$$

$$= \left|\sqrt{x^2+2p(a+h-x)} + p\,ln\left[x-p+\sqrt{x^2+2p(a+h-x)}\right]\right|_a^{a+h}$$

$$= a+h-a\sqrt{2} + p\,ln\frac{a+h-p+a+h}{a-p+a\sqrt{2}},$$

also:

$$\int_a^{a+h} dx\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}\right) = a\left[\sqrt{2}-1\right] - p\,ln\left[\frac{2(a+h)-p}{a(1+\sqrt{2})-p}\right].$$

Die Anziehung A_2 der Halbkugel ist

$$A_2 = 2\pi m\mu k a\left(1-\tfrac{1}{3}\sqrt{2}\right),$$

mithin:

$$A_1 + A_2 = 2\pi m\mu k a\left[\tfrac{2}{3}\sqrt{2} - \frac{a}{2h}\,ln\frac{2(a+h)-p}{a(1+\sqrt{2})-p}\right].$$

Digitized by Google

Der Radius R einer Kugel von gleicher Masse wie der Körper ist $R = \frac{1}{2}[3a^2h + 4a^3]^{1/3}$, $A_0 = \frac{4}{3}m\mu\pi kR$, daher:

$$\frac{A}{A_0} = \frac{3}{2}\frac{a}{[3a^2h + 4a^3]^{1/3}}\left[\frac{2}{3}\sqrt{2} - \frac{a}{2h}ln\frac{2(a+h)-p}{a(1+\sqrt{2})-p}\right],$$

oder für $h/a = x$:

$$\mathfrak{A} = \frac{3}{2[3x+4]^{1/3}}\left[\frac{2}{3}\sqrt{2} - \frac{1}{2x}ln\frac{4x(1+x)-1}{2x(1+\sqrt{2})-1}\right].$$

Eine genauere Diskussion dieses Ausdruckes ist noch zu leisten.

VI. Der anziehende Körper ist das Segment eines Rotationsparaboloids, das durch eine zur Hauptachse senkrechte Ebene im Abstande h vom Scheitel abgeschnitten wird. Der angezogene Punkt m befindet sich α) im Scheitel des Paraboloids, β) im Mittelpunkte des Endkreises des Segmentes.

α) Nach der vorangehenden Aufgabe ist

$$A = 2\pi m\mu kh\left[1 - \sqrt{1+x^2} + x^2 ln\frac{(1+\sqrt{1+x^2})}{x}\right].$$

Der Radius R der inhaltsgleichen Kugel ist $R = \frac{1}{2}\sqrt{3a^2h} = \frac{1}{2}h\sqrt{3x^2}$. Folglich wird $\mathfrak{A} = A/A_0$ gefunden:

$$\mathfrak{A} = \frac{3}{\sqrt[3]{3x^2}}\left[1 - \sqrt{1+x^2} + x^2 ln\frac{1+\sqrt{1+x^2}}{x}\right].$$

Um den Höchstwert von $\mathfrak{A}$ angenähert zu bestimmen, wurde folgende Tabelle berechnet:

x	1	1,1	1,2	1,15	1,16	1,17
$\mathfrak{A}$	0,971731	0,97658	0,97658	0,977014	0,977065	0,976895

Hiernach liegt der gesuchte Höchstwert in der Nähe von $x = 1{,}16$, also $a = 1{,}16\,h$.

β) In ähnlicher Weise ergibt sich für diesen Fall aus den Entwickelungen der vorangehenden Aufgabe:

$$\mathfrak{A} = \frac{3}{\sqrt[3]{3x}}\left[1 - \frac{1}{2x}ln(2x+1)\right].$$

Auch hier findet sich ein Annäherungswert für den Höchstbetrag von $\mathfrak{A}$ durch Betrachtung einer passend berechneten Tabelle, und zwar $\mathfrak{A} = 0{,}98672$ für $x = 2{,}101$.

Digitized by Google

VII. Der anziehende Körper bestehe aus einem Kreiskegel von der Höhe h und dem Basisradius a nebst einer auf die Basis aufgesetzten Halbkugel vom Radius a. Der angezogene Massenpunkt befinde sich in der Spitze des Kegels.

Die Anziehung A_1 des Kegels ist:

$$A_1 = 2\pi m\mu k h\left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2 + a^2}}\right),$$

oder für $\frac{a}{h} = x$:

$$A_1 = 2\pi m\mu k h\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + x^2}}\right).$$

Die Anziehung A_2 der Halbkugel (vgl. die vorige Aufgabe):

$$A_2 = \tfrac{2}{3} m\mu k\pi h\left[x^3 - 2 + \sqrt{1 + x^2}\,(2 - x^2)\right].$$

Mithin ist $A_1 + A_2 = A'$.

$$A = \tfrac{2}{3} m\mu\pi h k\left[x^3 + 1 - \frac{x^4 - x^2 + 1}{\sqrt{1 + x^2}}\right],$$

daher $A/A_0 = \mathfrak{A}$ aus $R^3 = \frac{1}{4}(a^2 h + 2a^3)$:

$$\mathfrak{A} = \frac{(1 + x^3)\sqrt{1 + x^2} - (x^4 - x^2 + 1)}{\sqrt{1 + x^2}\sqrt[3]{2x^2 + 4x^3}}.$$

Folgende Tabelle dient zur angenäherten Berechnung des Maximums von $\mathfrak{A}$ (berechnet mit sechsstelligen Tafeln):

x	4,6	4,7	4,8	4,69	4,71
$\mathfrak{A}$	0,992921	0,992964	0,992919	0,9929335	0,992944

Da die Auswertung von $\mathfrak{A}$ unter Benutzung sechsstelliger Tafeln schon die fünfte Stelle unsicher ergibt, so wurde die Berechnung von $\mathfrak{A}$ ohne Zuhilfenahme einer Logarithmentafel für $x = 4{,}7$ auf sieben Stellen durchgeführt; dabei ergab sich $\mathfrak{A} = 0{,}992953$. Somit darf behauptet werden, daß ein Maximum von etwa $a = 0{,}992953$ in der Nähe von $x = 4{,}7$ liegt.

Frage: Unter welcher Bedingung ist die Anziehung eines Kegels vom Basisradius a und von der Höhe h auf den Massenpunkt m im Mittelpunkt der Basis gleich der Anziehung einer Halbkugel vom Radius a auf denselben Punkt m in dem Mittelpunkt der Kugel?

Anziehung des Kegels. Eine Ebene parallel zur Basisebene im Abstande x von ihr schneide den Kegel in einem Kreise,

Digitized by Google

dessen Radius ϱ sei. Dann ist $\varrho = (h-x)a/h$ und $x^2+\varrho^2 = [x^2(a^2+h^2) - 2a^2hx + a^2h^2]$, mithin die gesuchte Anziehung A:

$$A_1 = 2\pi m\mu k \int_0^h dx \left(1 - \frac{hx}{\sqrt{x^2(a^2+h^2) - 2a^2xh + a^2h^2}}\right).$$

Nun ist

$$\int \frac{x\,dx}{\sqrt{x^2(a^2+h^2)-2a^2xh+a^2h^2}} = \frac{1}{a^2+h^2}\int \frac{x(a^2+h^2-a^2h^2+a^2h)}{\sqrt{x^2(a^2+h^2)-2a^2xh+a^2h^2}}dx$$

$$= \frac{1}{a^2+h^2}\left\{\sqrt{x^2(a^2+h^2)-2a^2xh+a^2h^2} + a^2h\int \frac{dx}{\sqrt{a^2+h^2}\sqrt{\left(x-\frac{a^2h}{a^2+h^2}\right)^2 - \frac{a^4h^2}{(a^2+h^2)^2} + \frac{a^2h^2}{a^2+h^2}}}\right\}$$

$$= \frac{1}{a^2+h^2}\left\{\sqrt{x^2(a^2+h^2)-2a^2xh^2+a^2h^2} + \frac{a^2h^2}{\sqrt{a^2+h^2}} ln\left[x - \frac{a^2h}{a^2+h^2} + \sqrt{x^2 - \frac{2a^2xh}{a^2+h^2} + \frac{a^2h^2}{a^2+h^2}}\right]\right.$$

Daher wird

$$A_1 = 2\pi m\mu k\left[h - \frac{h}{a^2+h^2}\cdot h^2 + \frac{h}{a^2+h^2}\cdot ah - \frac{a^2h^2}{(a^2+h^2)^{3/2}} ln \frac{h^3+\sqrt{(a^2+h^2)}\cdot h^2}{ah\sqrt{a^2+h^2}-a^2h}\right]$$

$$= 2\pi m\mu k\left[\frac{ah(a+h)}{a^2+h^2} - \frac{a^2h^2}{(a^2+h^2)^{3/2}} ln \frac{h(\sqrt{a^2+h^2})+h}{a(\sqrt{a^2+h^2})-a}\right].$$

Anziehung der Halbkugel. Eine Ebene parallel zur Basisebene im Abstande x von ihr schneide die Halbkugel in einem Kreise, dessen Radius ϱ ist. Dann ist $x^2+\varrho^2 = a^2$, mithin die versuchte Anziehung A_2:

$$A_1 = 3\pi m\mu k\int_0^a dx\left(1-\frac{x^2}{a}\right) = 3\pi m\mu k\cdot\tfrac{1}{2}a.$$

Aus $A_1 = A_2$ folgt:

$$\frac{ah(a+h)}{a^2+h^2} - \frac{a^2h^2}{(a^2+h^2)^{3/2}} ln \frac{a(\sqrt{a^2+h^2}+h)}{a(\sqrt{a^2+h^2}-a)} = \tfrac{1}{2}a.$$

Digitized by Google

Setzt man noch $h/a = x$, so folgt für x die transzendente Gleichung

$$\frac{x(1+x)}{1+x^2} - \frac{1}{2}\frac{x^2}{(1+x^2)^{3/2}} ln \frac{x(\sqrt{1+x^2}+x)}{\sqrt{1+x^2}-1} = 0$$

mit der Wurzel $x = 1{,}88734$, also ist $h = 1{,}88734\,a$.

VIII. Ein Kreiszylinder von der Höhe h und dem Basisradius a ist einer Halbkugel vom Radius r so eingeschrieben, daß die Achse des Zylinders durch den Mittelpunkt der Kugel geht. Der anziehende Körper wird aus dem Zylinder und aus dem Segment der Halbkugel über der Deckfläche des Zylinders gebildet. Der angezogene Punkt m befindet sich im Mittelpunkt der Basisfläche der Halbkugel und des Zylinders.

Die Anziehung A_1 des Zylinders ist

$$A_1 = 2\pi m\mu k(a+h-\sqrt{a^2+h^2}).$$

Die Anziehung A_2 des Kugelsegments:

$$A_2 = 2\pi m\mu k\int_h^r dx\left(1-\frac{x}{r}\right) = 2\pi m\mu k[r-h-\frac{1}{2r}(r^2-h^2)].$$

Daher $A = A_1 + A_2$

$$= 2\pi m\mu k\left[a+h-r+\frac{r^2-2rh+h^2}{2r}\right].$$

Die Klammergröße, mit 2 multipliziert, ergibt $\frac{2ar-a^2}{r}$, also ist $A = 2\pi m\mu k a\,\frac{2r-a}{r}$. Nun ist

$$\tfrac{4}{3}\pi R^3 = a^2\pi h + \tfrac{1}{3}(r-h)^2\pi(2r+h) = \tfrac{2}{3}\pi(r^3-h^3),$$

also $R = \sqrt[3]{\frac{1}{2}(r^3-h^3)}$. Daraus ergibt sich $\mathfrak{A} = A/A_0$:

$$\mathfrak{A} = \frac{3a(2r-a)}{4r\sqrt[3]{\frac{1}{2}(r^3-h^3)}} = \frac{3\sin\varphi(2-\sin\varphi)}{4\sqrt[3]{\frac{1}{2}(1-\cos^3\varphi)}},$$

wenn $a = r\sin\varphi$, $h = r\cos\varphi$ gesetzt ist.

Das Maximum $\mathfrak{A} = 1{,}008628$ berechnet sich hieraus wie folgt. Aus $d\mathfrak{A}/d\varphi = 0$ erhält man nach einigen Umrechnungen für $\sin\varphi = s$ die Gleichung fünften Grades:

$$s^5 + s^4 - 4s^3 + 8s - 4 = 0,$$

deren positive brauchbare Wurzel $s = 0{,}572806$ ist. Diese gibt $\varphi = 34^\circ 56' 14''$. Durch Einsetzung dieses Wertes von φ in den obigen Ausdruck für $\mathfrak{A}$ ergibt sich das Maximum $\mathfrak{A} = 1{,}008628$ oder $\mathfrak{A}.(\frac{4}{3}\pi)^{2/3} = 2{,}62094$.

Digitized by Google

Frage: Wie groß muß die Höhe des Zylinders in dem Körper der vorstehend behandelten Aufgabe sein, damit der in dem Mittelpunkt der gemeinsamen Kreisfläche vom Zylinder und Kugelsegment befindliche Massenpunkt m von beiden Körpern gleich stark angezogen wird?

Die Anziehung A_1 des Massenpunktes m durch den Zylinder ist:

$$A_1 = 2\pi m\mu k(a+h-\sqrt{h^2+a^2}).$$

Eine Ebene, parallel zur Basisfläche des Kugelsegments im Abstande x von ihr, schneidet die Kugelfläche in einem Kreise, dessen Radius mit ϱ bezeichnet werde; es ist $(h+x)^2+\varrho^2 = r^2$, also $x^2+\varrho^2 = r^2-2hx-h^2$, und die Anziehung A_2 des Segments auf m wird gegeben durch den Ausdruck:

$$A_2 = 2\pi m\mu k\int_0^{r-h} dx\left(1-\frac{x}{\sqrt{x^2+\varrho^2}}\right).$$

Nun ist

$$\int_0^{r-h}\frac{x\,dx}{\sqrt{r^2-2hx-h^2}} = \int_0^{r-h}\frac{x\,dx}{\sqrt{a^2-2hx}},$$

oder nach Substitution von $z = \sqrt{a^2-2hx}$:

$$\int_{r-h}^{a}\frac{(a^2-z^2)\,dz}{2h^2} = \frac{1}{3h^2}[a^3-r^3+3rh^2-2h^3].$$

Hiernach wird

$$A_2 = 2\pi m\mu k\cdot\frac{1}{3h^2}(r^3-h^3+a^3).$$

Aus $A_1 = A_2$ folgt somit die Gleichung:

$$r^3-4h^3+3rh^2 = a.(r^2+2h^2).$$

Quadriert man diese Gleichung und ersetzt a^2 durch r^2-h^2, so folgt nach einiger Umrechnung die biquadratische Gleichung für $h/r = x$:

$$20x^4-24x^3+9x^2-8x+3 = 0.$$

Eine Wurzel dieser Gleichung ist $x = 1$, eine triviale Lösung der Aufgabe, ebenso wie die andere $x = 0$, die sich bei der angedeuteten Umrechnung ergibt. Die einzige Lösung der Aufgabe erhält man somit aus der kubischen Gleichung:

$$20x^3-4x^2+5x-3 = 0,$$

nämlich $x = 0{,}429957$ oder $h = 0{,}429957\,r$.

Digitized by Google

Druckfestigkeit von Glas und Quarz;
von G. Berndt.

(Mitteil. aus dem Mechan. Labor. d. Opt. Anst. C. P. Goerz, A.-G., Berlin-Friedenau.)

(Eingegangen am 22. November 1917.)

Die ersten und bis heute alleinigen eingehenden Versuche über die Druckfestigkeit von Glas sind von Winkelmann und Schott [1]) angestellt; ihre Angaben sind auch von Hovestadt [2]) in sein Buch „Jenaer Glas“ übernommen. Auf Grund ihres reichhaltigen Materiales haben sie ferner die Abhängigkeit der Druckfestigkeit von der chemischen Zusammensetzung untersucht.

Zur Bestimmung der Druckfestigkeit diente ihnen eine hydraulische Presse mit einem Höchstdruck von 10000 kg. Die Versuchsstücke, Würfel von 6 mm Kante, über deren Bearbeitungszustand keine weiteren Angaben gemacht sind, wurden zwischen zwei harte und sorgfältig ebengeschliffene Stahlplatten gelegt. Es hatte sich nämlich herausgestellt, daß Platten aus weicherem Material, wie Zinn oder Kupfer, zu kleine Ergebnisse lieferten, da sich dieses zwischen die in den Versuchsstücken entstehenden Sprünge und Risse einquetschte und sie dadurch zersprengte. Bei den einzelnen Versuchen ergaben sich zunächst größere Unterschiede, da immer zu geringe Werte auftraten, wenn dieselben Stellen der Stahlplatten wieder benutzt wurden. Aber auch nach Ausscheidung dieser unzuverlässigen Werte bleiben noch Unterschiede übrig, welche 10 Proz. bis bei einzelnen Gläsern etwa 35 Proz. betragen. Die Versuche wurden dabei immer bis zum vollständigen, explosionsartig erfolgenden Zerstäuben des Glases ausgedehnt und aus der hierzu nötigen Kraft die Druckfestigkeit berechnet. Anzeichen von Verletzung (Splitter) traten zuweilen schon bei kleinen Drucken, zuweilen erst viel später auf. Eine scharfe Trennung zwischen diesen verschiedenen Versuchen scheint

[1]) A. Winkelmann und O. Schott, Wied. Ann. **51**, 697, 1894; hier ist auch die ältere Literatur zusammengestellt.

[2]) A. Hovestadt, Jenaer Glas. Jena, Verlag von G. Fischer, 1900, S. 155 ff.

Digitized by Google

nicht erfolgt zu sein. Versuche mit größeren Würfeln zeigten, daß die Druckfestigkeit mit den Abmessungen etwas anwuchs.

Bei zwei Gläsern, in jenem Bericht mit Nr. 34 und 35 bezeichnet, ist auch der Einfluß der inneren Spannung untersucht worden, die infolge der schlechten Wärmeleitfähigkeit des Glases bei seiner Abkühlung auftritt. Bei dem langsam gekühlten und somit wenig gespannten Glase Nr. 34 ergab sich die Druckfestigkeit um 3 Proz. höher als bei dem schnell gekühlten, während bei dem Glase Nr. 35 jenes eine um etwa $^1/_2$ Proz. geringere Druckfestigkeit aufwies als das infolge der schnelleren Kühlung stärker gespannte. Demnach ist die Druckfestigkeit von der durch die Kühlung bedingten inneren Spannung praktisch unabhängig. Das steht in einem gewissen Gegensatz zu Versuchen von W. Ludwig [1]) über die Biegungsfestigkeit des Jenaer Thermometerglases Nr. 16^{III}; er beobachtete bei den ungekühlten Stücken eine mehr als doppelt so große Festigkeit wie bei den gekühlten.

Im Anschluß daran haben Winkelmann und Schott auch die Druckfestigkeit des Bergkristalles untersucht. Sie finden, wenn die Druckrichtung parallel zur optischen Achse verläuft, 18160 kg/cm^2, wenn sie senkrecht zur Druckrichtung steht, 16000 kg/cm^2.

In neuerer Zeit ist die Druckfestigkeit des Quarzes noch von K. Rinne [2]) an Würfeln von 1 cm Kante bestimmt worden. Dabei wurde der Druck innerhalb einer Zeit von 5 bis 10 Minuten bis zum Zerstäuben des Würfels gesteigert. Der von ihm beobachtete Höchstwert beträgt, falls die optische Achse parallel zur Druckrichtung steht, 15364 kg/cm^2, während der erste Riß bei 11500 kg/cm^2 auftrat. Seine Zahlen sind also wesentlich kleiner als die von Winkelmann und Schott ermittelten.

Zu unseren Versuchen stand die 30 t-Zerreißmaschine des Mechanischen Laboratoriums der Opt. Anstalt C. P. Goerz, von Gebr. Amsler, Schaffhausen (Schweiz), bezogen, zur Verfügung. Der Antrieb derselben erfolgt durch eine dreifach wirkende Ölpumpe mit Elektromotor, die Kraftmessung durch ein Pendel. Durch entsprechende Änderung des Pendelgewichtes bzw. der Pendellänge konnte der größte Meßbereich auf 3000 bzw. 10000 kg

[1]) W. Ludwig, Phys. ZS. 1, 124, 1899.
[2]) K. Rinne, Zentralbl. f. Mineral. 1902, S. 263.

Digitized by Google

ermäßigt werden. Auf Grund der Erfahrungen von WINKELMANN und SCHOTT wurden die Versuchsstücke gleichfalls zwischen gehärtete Stahlplatten von etwa 45 mm Durchmesser und 25 mm Höhe gelegt, deren Flächen sorgfältig ebengeschliffen und poliert waren.

Zur Einarbeitung und zur Untersuchung der Abhängigkeit der Druckfestigkeit von der Größe kamen zunächst eine Reihe von Würfeln aus Spiegelglas von 5, 8, 10 und 15 mm Kante zur Verwendung. Bei einem Teil derselben waren nur die möglichst plangeschliffenen Druckflächen, bei den anderen alle Flächen poliert. Diese beiden Reihen von Versuchsstücken sollten dazu dienen, einen etwaigen Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit aufzudecken. Während die polierten Flächen naturgemäß vollkommen glatt sind, weisen die nur fein geschliffenen mikroskopisch kleine Erhöhungen und Vertiefungen auf, die wie eine Verletzung der Oberfläche wirken können. Es war deshalb anzunehmen, daß die Würfel mit nichtpolierten Flächen eher zum Bruch kommen würden. Wie die Versuche lehrten (s. Tabelle 1), ist dies indessen nicht der Fall, doch ist dabei zu bedenken, daß die Druckeinwirkung immer auf polierte Flächen erfolgte. Versuche, bei welchen die Druckplatten auf geschliffenen Flächen auflagen, sind nicht angestellt worden, da damit keine vollkommene Berührung jener mit den Würfeln zu erreichen gewesen wäre. Trotzdem sind aus dem angegebenen Grunde bei allen weiteren Versuchen allseitig sorgfältig polierte Stücke verwendet worden. Der Druck wurde kontinuierlich immer gesteigert, bis ein vollständiges explosionsartiges Zerstäuben eintrat; dabei wurde die Dauer des Druckanstieges von wenigen Sekunden bis zu etwa 5 Minuten variiert. Irgendeine Abhängigkeit der Druckfestigkeit von der Zeit ließ sich jedoch, da die Versuchsergebnisse im einzelnen zu sehr voneinander abwichen, nicht ermitteln.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Ergebnisse an den beiden Reihen der verschieden bearbeiteten Würfel der angegebenen Kantenlängen zusammengestellt. Ferner sind die Versuche danach getrennt, ob vor Erreichung der Höchstlast und dem dabei erfolgenden Zerstäuben eine Splitterung des Würfels eintrat oder nicht. Wie aus der Tabelle deutlich hervorgeht, wurde an den während des Versuches gesplitterten Stücken manchmal eine Druckfestigkeit ermittelt, die höher war als an den

Digitized by Google

Tabelle 1. Spiegelglas. Würfel.

Kante in mm	Nur die Druckflächen poliert		Alle Flächen poliert	
	Nicht gesplittert	Gesplittert	Nicht gesplittert	Gesplittert
5	10 750	12 820	11 720	13 010
	11 650	—	> 12 000	(9 805)
	11 950	—	10 700	—
	(7 775)	—	—	—
	Mittel: 11 450 Max.: 11 950		Mittel: ca. 11 800 Max.: > 12 000	
	11 790	12 820	ca. 12 110	13 010
	Gesamt. Mittel: 12 000 kg/cm²; Max.: 13 000 kg/cm²			
8	10 250	10 250	10 350	10 240
	—	(9 860)	—	(9 560)
	—	(9 450)	—	(8 175)
	—	—	—	(7 330)
	Mittel: 10 250 Max.: 10 250		Mittel: 10 350 Max.: 10 350	
	10 250	10 250	10 300	10 350
	Gesamt. Mittel: 10 300 kg/cm²; Max.: 10 400 kg/cm²			
10	8 610	8 935	—	8 425
	9 230	9 800	—	8 370
	—	—	—	9 950
	Mittel: 8 920 Max.: 9 230		Mittel: — Max.: —	
	9 140	9 800	8 915	9 950
	Gesamt. Mittel: 9 000 kg/cm²; Max.: 10 000 kg/cm²			
15	—	8 660	8 840	8 700
	—	(7 180)	—	8 440
	—	(7 550)	—	(7 430)
	Mittel: — Max.: —		Mittel: 8 840 Max.: 8 840	
	8 660	8 660	8 660	8 840
	Gesamt. Mittel: 8 700 kg/cm²; Max.: 8 800 kg/cm²			

vorher nicht gesplitterten. Bei letzteren traten auch vereinzelt ganz herausfallende niedrige Werte auf. Man muß annehmen, daß hier doch eine vorhergehende, nicht bemerkte Zersplitterung erfolgte, oder daß der Würfel in irgendeiner Weise lädiert war. Schließlich wäre auch möglich, daß doch, obwohl die einzelnen

Digitized by Google

Flächen möglichst gut plangeschliffen waren, eine unvollständige Berührung der ganzen Würfelfläche mit der Druckplatte eintrat, so daß die Gesamtlast nur auf einen kleineren Querschnitt wirkte; diese eingeklammerten Zahlen sind bei der Mittelbildung nicht berücksichtigt. Unter jeder Gruppe sind in der ersten Reihe der Mittelwert und der erreichte Höchstwert für die nicht gesplitterten Würfel allein angegeben. Darunter stehen die Zahlen, welche sich unter Mitbenutzung der an den vorher gesplitterten Würfeln gefundenen Werte ergeben, wobei wiederum die herausfallenden Beobachtungen, die durch Einklammerung gekennzeichnet sind, unberücksichtigt blieben. Schließlich ist noch das Mittel und der Höchstwert unter Berücksichtigung der gesamten, an allen Würfeln derselben Kantenlänge erhaltenen Druckfestigkeiten berechnet.

In der Tabelle ist einmal als Druckfestigkeit ein Wert größer als 12 000 kg/cm² angegeben. Es wurde hierbei die Maschine mit dem kleineren Meßbereich von 3000 kg benutzt, und der Druck bis zu diesem gesteigert, ohne daß ein Zerstäuben des Würfels eintrat. Als nun der Druck nachgelassen wurde, bildete sich in dem Würfel ein Sprung derart, daß sich ein mittlerer Zylinder aus dem Würfel gewissermaßen heraustrennte. Es scheint demnach so, als wenn die nach den Kanten zu gelegenen Teile des Würfels sich weniger an der Druckfestigkeit beteiligen, als der mittlere zylindrische Teil. Dies führte darauf, zu den nächsten Versuchen nicht mehr Würfel, sondern Zylinder zu benutzen. Zur Verwendung kamen solche von 5 bzw. 10 mm Durchmesser und denselben Höhen, bei denen, wie angegeben, sowohl die Druckflächen wie auch der Mantel sorgfältig poliert waren. Das

Tabelle 2. Spiegelglas. Zylinder.

Durchmesser 5 mm		Durchmesser 10 mm	
Nicht gesplittert	Gesplittert	Nicht gesplittert	Gesplittert
11 820	—	11 020	11 590
12 150	—	11 450	(10 150)
11 950	—	—	—
13 770	—	—	—
Mittel: 12 400	Max.: 13 800	Mittel: 11 240 11 400	Max.: 11 450 11 600

Digitized by Google

Ergebnis war namentlich bei den ersteren sehr gut, insofern als hier niemals eine Splitterwirkung beobachtet wurde, und als auch die einzelnen Werte recht gut miteinander übereinstimmen (Tabelle 2). Für die stärkeren Zylinder gilt im gewissen Sinne dasselbe wie bei den größeren Würfeln. Der Mittelwert, der bei den Zylindern von 5 mm Durchmesser gefunden wurde, stimmt recht gut mit den bei den 5 mm Würfeln erhaltenen überein, so daß kein Bedenken dagegen vorliegt, Zylinder an Stelle von Würfeln zu benutzen.

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse, und zwar die Mittel- und die Höchstwerte, wie sie an den verschiedenen Würfeln und

Tabelle 3. Spiegelglas. Zusammenstellung.

Versuchsstück	Kante bzw. Durchmesser mm	Mittel	Maximum
Würfel	5	12 000	13 000
„	8	10 300	10 400
„	10	9 000	10 000
„	15	8 700	8 800
Zylinder	5	12 400	13 800
„	10	11 400	11 600

Druckfestigkeit des Spiegelglases.
Mittel: 12 400 kg/cm²; Maximum: 13 800 kg/cm².

Zylindern für Spiegelglas erhalten wurden, nochmals zusammengestellt. Man sieht deutlich, daß, im Gegensatz zu den Ergebnissen von WINKELMANN und SCHOTT, mit den wachsenden Abmessungen sowohl die Mittel- wie die Höchstwerte abnehmen.

Nach BAUSCHINGER [1]) gilt für die Druckfestigkeit von Prismen verschiedener Größen die Formel:

$$K = \left(\alpha + \beta \cdot \frac{\sqrt{f}}{h}\right) \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{f}}{u/4}};$$

meist genügt die einfachere Formel:

$$K = \left(\alpha + \beta \cdot \frac{\sqrt{f}}{h}\right) \cdot \frac{\sqrt{f}}{u/4}.$$

[1]) C. BACH, Elastizität und Festigkeit. 6. Aufl., 1911, S. 167—168.

Digitized by Google

In diesen bedeuten f den Querschnitt, u den Umfang, h die Höhe und α und β Konstanten für das betreffende Material.

Bei Würfeln, bei welchen

$$\sqrt{f} = h$$

ist, reduziert sich diese Formel auf

$$K = \alpha + \beta.$$

Es müßte somit die Druckfestigkeit von den Abmessungen des Würfels unabhängig sein, was auch durch Versuche von BAUSCHINGER an Prismen aus Sandstein [1]) bestätigt wurde, während unsere Beobachtungen an Würfeln aus Spiegelglas eine mit wachsender Würfelkante abnehmende Druckfestigkeit ergeben haben.

Für Zylinder, bei welchen die Höhe gleich dem Durchmesser ist, reduzieren sich beide Formeln gleichfalls auf

$$K = \text{const.}$$

Auch hier müßte also die Druckfestigkeit unabhängig von den Abmessungen sein, während unsere Versuche an Spiegelglas gleichfalls eine Abnahme derselben mit wachsendem Zylinderradius ergeben haben.

Unsere Bestimmung der Druckfestigkeit von Spiegelglas an Zylindern von 5 mm Durchmesser lieferte praktisch denselben Wert wie bei Würfeln von 5 mm Kantenlänge. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den Versuchen von BACH an Gußeisen und von BAUSCHINGER an Sandstein [2]), wonach für Zylinder die Druckfestigkeit nur unwesentlich (etwa $2^1/_2$ Proz.) größer als für Würfel ist, bzw. nur ein unbedeutender Unterschied zwischen beiden besteht.

Auf Grund unserer Versuche kann man die Druckfestigkeit des Spiegelglases im Mittel zu 12 400 kg/cm², im Maximum zu 13 800 kg/cm² ansetzen.

Für die weiteren Versuche kamen durchweg Zylinder von 5 mm Durchmesser und derselben Höhe zur Verwendung. Da sich auch bei den Vorversuchen an Spiegelglas herausgestellt hatte, daß die Zeit keinen merklichen Einfluß ausübte, so wurde

---

[1]) C. BACH (l. c.).
[2]) C. BACH, Elastizität und Festigkeit, S. 166 ff.

Digitized by Google

bei den meisten Beobachtungen der Druck innerhalb einer Zeit von einer halben bis einer Minute zu dem Höchstwert gesteigert. Zunächst wurde das Borosilikat-Kron 516/640 [1]) der SENDLINGER Optischen Glaswerke, G. m. b. H., in Zehlendorf bei Berlin untersucht $\left(n_D = 1{,}516\ \nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} = 64{,}0\right)$, welches etwa dem Jenaer Typus *O* 3832 entspricht. Für alle exakten Untersuchungen an Glas sollten eigentlich durchweg optische oder nach ähnlichen Methoden hergestellte Gläser benutzt werden, da sie allein wegen ihrer bei allen Schmelzen stets gleichmäßig erfolgenden genau bestimmten Zusammensetzung und ferner wegen ihrer vollkommenen Homogenität und geringen inneren Spannung (im Gegensatz zum Spiegel- und Flaschenglas) ein genau definiertes Material darstellen. An dem Borosilikat-Kron 516/640 sollte auch der Einfluß der Spannung studiert werden. Es wurden deshalb zwei Hafenglasstücke (Rohglasstücke, wie sie sich durch Zerschlagen des im Schmelzhafen erstarrten Glasblockes ergeben) im elektrischen Ofen gesenkt, d. h. sie wurden durch Erwärmung in einer oben offenen Schamotteform so weit erweicht, daß sie dieselbe in Gestalt einer Platte ausfüllten. Die eine von diesen Glasplatten wurde bei einer Temperatur von 600° herausgenommen und dann an der freien Luft abgekühlt, so daß sie eine sehr starke Spannung annahm. Das andere Stück dagegen wurde zunächst in dem benutzten kleinen Ofen abgekühlt. Da dann seine Spannung immer noch sehr groß war, wurde es einer sorgfältigen optischen Kühlung unterzogen. Es wurde dazu in einem größeren elektrischen Ofen mit automatischer Temperaturregulierung auf eine bestimmte Temperatur erwärmt und dann von dieser wieder abgekühlt. Dabei erfolgt die Temperaturabnahme in bestimmter Weise so langsam, daß bis zur Erreichung der Zimmertemperatur ein größerer Zeitraum vergeht. Bei diesem Stück wurde die Spannung mittels des von H. SCHULZ [2]) beschriebenen Apparates gemessen, und zwar wird mit diesem die Differenz der Brechungsindizes des ordentlichen und außerordentlichen Strahles an einer Reihe von Punkten festgestellt. Als geeignetes Maß für die An-

[1]) Die Bezeichnung ist in einer demnächst in der ZS. f. Instrkd. erscheinenden Arbeit von W. ZSCHOKKE näher erläutert.

[2]) H. SCHULZ, ZS. f. Instrkd. **28**, 205, 1913.

Digitized by Google

gabe der Spannung hat sich die algebraische Differenz zwischen der gemessenen größten negativen und positiven Differenz der beiden Brechungsindizes herausgestellt. Diese Größe hatte an dem gut gekühlten Stück den Wert $1{,}33 \cdot 10^{-7}$. Dies entspricht etwa dem Werte, welcher bei der sogenannten Präzisionskühlung erreicht werden kann; man versteht darunter eine sehr sorgfältige, entsprechend lange dauernde Kühlung, wie sie bei der Herrichtung der Glasscheiben für die großen Astro-Objektive nötig ist. Das stark gespannte Stück ließ sich mit diesem Apparat nicht mehr messen, da die Spannung zu groß war; es zeigte zwischen gekreuzten Polarisatoren deutliche Farben. Auf Grund ähnlicher Messungen kann man angeben, daß die Differenz der beiden Brechungsindizes wesentlich größer als $50 \cdot 10^{-7}$ war. Aus den beiden Stücken wurden nun eine Reihe von Zylindern von den angegebenen Abmessungen verfertigt. An diesen ließ sich die

Tabelle 4. Borosilikat-Kron 516/640. Stark gespannt.

Zylinder 5 mm Durchmesser.

Kontinuierlich wachsende Belastung		In einzelnen Stufen wachsende Belastung	
Nicht gesplittert	Gesplittert	Nicht gesplittert	Gesplittert
15 650	13 750	13 400	—
15 280	—	17 060	—
15 010	—	15 885	—
15 450	—	15 960	—
18 420	—	15 750	—
13 890	—	16 100	—
13 400	—	13 520	—
13 750	—	15 450	—
15 280	—	14 600	—
13 090	—	16 000	—
15 350	—	17 500	—
16 920	—	13 120	—
14 720	—	13 750	—
15 650	—	(7 880)	—
Mittel: 15 130	Max.: 18 420	Mittel: 15 240	Max.: 17 500
15 040	18 420		

Druckfestigkeit von Borosilikat-Kron 516/640.
Stark gespannt. Mittel: 15 200 kg/cm²; Max.: 18 400 kg/cm².

Digitized by Google

Spannung wegen ihrer geringen Abmessungen nicht mehr zahlenmäßig feststellen. Es ist bekannt, daß sich durch das Zerschneiden größerer Glasstücke die Spannung sowohl ihrer Größe wie ihrer Verteilung nach ändert, doch besitzen im allgemeinen Stücke aus einer stark gespannten Platte auch eine größere Spannung, als solche aus einer sorgfältig gekühlten, nahezu spannungsfreien. An diesen Zylindern wurden nun die Versuche so angestellt, daß einmal, wie vorher, die Belastung kontinuierlich bis zum Zerstäuben geändert wurde. Bei einer anderen Reihe wurde dagegen der Druck in gewissen Stufen, und zwar meist in der Reihenfolge 500, 1000, 1500, und dann um je 100 bis 200 kg wachsend, gesteigert; dabei wurde der Druck auf jeder dieser Stufen zwei Minuten lang konstant gehalten.

Bei den stark gespannten Stücken (Tabelle 4) trat eine vorhergehende Splitterung nur ein einziges Mal auf; auch die übrigen gefundenen Werte stimmen recht gut untereinander überein. Da-

Tabelle 5. Borosilikat-Kron 516/640. Sehr gut gekühlt.

Zylinder 5 mm Durchmesser.

Kontinuierlich wachsende Belastung		In einzelnen Stufen wachsende Belastung	
Nicht gesplittert	Gesplittert	Nicht gesplittert	Gesplittert
12 900	14 255	13 120	15 050
15 210	12 920	11 280	11 810
14 625	15 110	12 040	(10 420)
14 450	(12 000)	11 450	—
13 915	(11 580)	12 020	—
13 900	—	13 620	—
15 100	—	11 980	—
14 000	—	(9 575)	—
14 800	—	(9 900)	—
16 900	—	—	—
13 120	—	—	—
(12 050)	—	—	—
(11 400)	—	—	—
Mittel: 14 450	**Max.:** 16 900	**Mittel:** 12 220	**Max.:** 12 430
14 150	16 900	12 490	15 050

Druckfestigkeit von Borosilikat-Kron 516/640.

Sehr gut gekühlt. Mittel: 14 200 kg/cm²; Max.: 16 900 kg/cm².

Digitized by Google

nach ergibt sich eine Druckfestigkeit von etwa 15 000 kg/cm² im Mittel und 18 400 kg/cm² im Maximum. Bei der in einzelnen Stufen wachsenden Belastung fällt nur eine einzige Beobachtung heraus; das Mittel stimmt mit 15 200 kg fast genau mit dem bei kontinuierlich wachsender Belastung gefundenen überein, während der Höchstwert mit 17 500 kg etwas tiefer liegt. Im Mittel kann man danach die Druckfestigkeit des Borosilikat-Krons 516/640 bei starker Spannung zu 15 200 kg/cm² und im Maximum zu 18 400 kg/cm² ansetzen.

Bei den gut gekühlten Zylindern (Tabelle 5) traten häufiger Zersplitterungen ein, auch stimmen die einzelnen Werte nicht so gut miteinander überein. Ferner zeigt sich, daß die Werte bei der in einzelnen Stufen wachsenden Belastung etwas geringer sind als bei kontinuierlich ansteigendem Druck. Berücksichtigt man nur die letzteren Werte, so beträgt die Druckfestigkeit im Mittel 14 200 kg/cm², im Maximum 16 900 kg/cm². Sie liegt also etwa 7 Proz. tiefer als bei den stark gespannten Stücken. Daß die Unterschiede hier größer sind als bei WINKELMANN und SCHOTT, erklärt sich daraus, daß die ersten Versuchszylinder aus einem Stück stammten, welches gar nicht gekühlt, sondern absichtlich sehr stark gespannt war, während das zweite Stück recht gut gekühlt war. Immerhin treten bei weitem nicht die Abweichungen auf, wie sie LUDWIG [1]) bei der Biegungsfestigkeit gefunden hatte.

Zur Bestimmung der Druckfestigkeit des Quarzes kamen gleichfalls Zylinder von 5 mm Durchmesser und derselben Höhe zur Verwendung. Es wurden eine ganze Reihe von Versuchen angestellt; dabei war zum Teil die Druckrichtung parallel, zum Teil senkrecht zur optischen Achse. Wie man aus der Tabelle 6 ersieht, tritt häufig Splitterwirkung ein; bei diesen Versuchen wurden auch die Stahlplatten sehr stark angegriffen. Es wurde deshalb sorgfältig darauf geachtet, daß jedesmal eine andere Stelle bzw. eine neue unbenutzte Platte zur Verwendung kam. Trotzdem müssen auch von den nicht gesplitterten Stücken eine ganze Reihe von Versuchen ausgeschieden werden. Es macht sich hier zwischen den höheren und den ausgesonderten tieferen Werten ein deutlicher Sprung bemerkbar, so daß die Trennung

[1]) W. LUDWIG, l. c.

Digitized by Google

der zur Mittelwertbildung zu benutzenden und der dabei auszuscheidenden Werte ohne Willkür erfolgen kann. Wie vorher, so sind auch hier einmal Mittel- und Höchstwert nur aus den

Tabelle 6. Quarz.

Zylinder 5 mm Durchmesser.

Optische Achse ∥ Zylinderachse		Optische Achse ⊥ Zylinderachse	
Nicht gesplittert	Gesplittert	Nicht gesplittert	Gesplittert
23 800	24 200	23 300	21 850
23 250	23 650	21 900	22 700
28 020	22 490	22 200	27 380
24 950	(18 500)	21 250	26 950
22 790	(19 700)	21 250	20 450
27 100	(20 400)	22 040	24 850
(14 550)	(18 300)	(16 800)	20 040
(13 400)	(19 210)	(16 300)	(18 320)
(17 525)	(16 880)	(15 850)	(18 500)
(17 000)	(15 720)	(17 240)	(19 460)
(19 350)	(13 900)	(17 720)	(19 400)
(16 830)	(11 700)	—	(18 800)
(18 900)	(14 120)	—	(18 600)
—	(12 610)	—	(18 700)
—	(15 610)	—	(19 900)
—	(17 420)	—	(19 100)
—	—	—	(19 500)
—	—	—	(14 740)
—	—	—	(13 270)
—	—	—	(16 020)
—	—	—	(14 040)
Mittel: 24 985	Max.: 28 020	Mittel: 22 000	Max.: 23 300
24 470	28 020	22 780	27 380

Druckfestigkeit des Quarzes.

	∥ Achse	⊥ Achse
Mittel:	25 000 kg/cm²,	22 800 kg/cm²;
Max.:	28 000 kg/cm²,	27 400 kg/cm².

Versuchen berechnet, bei welchen keine Splitterwirkung eintrat, während in der zweiten Reihe wiederum die Zahlen angegeben sind, wie man sie unter Mitbenutzung der brauchbaren Versuche

Digitized by Google

an den vorher gesplitterten Zylindern erhält. Bei den Zylindern, bei welchen die optische Achse parallel zur Zylinderachse lag, macht sich hierzwischen kein Unterschied bemerkbar; bei den anderen dagegen, bei welchen die Druckrichtung senkrecht zur optischen Achse stand, wird durch die Berücksichtigung der letzteren Werte sowohl der Mittel- wie der Höchstwert vergrößert. Aus allen Versuchen ergibt sich die Druckfestigkeit des Quarzes parallel zur optischen Achse im Mittel zu 25 000 kg/cm², im Maximum zu 28 000 kg/cm² und senkrecht zur optischen Achse zu 22 800 bzw. 27 400 kg/cm². Diese Werte liegen wesentlich höher als die von WINKELMANN und SCHOTT und auch die von RINNE. Da alle bei der Bestimmung der Druckfestigkeit auftretenden Fehler und Störungen in dem Sinne wirken, sie zu erniedrigen, so verdienen höhere Werte von vornherein ein größeres Vertrauen.

Worauf der verhältnismäßig große Unterschied zwischen den jetzt ermittelten und den in der Literatur angegebenen Werten zurückzuführen ist, läßt sich schwer sagen. Es wird zum Teil daran liegen, daß Zylinder zur Bestimmung der Druckfestigkeit geeigneter sind als Würfel, zum anderen Teil aber auch wohl daran, daß die Versuchsstücke sorgfältig poliert waren und daß ferner eine größere Zahl von Versuchen angestellt wurde, so daß die unbrauchbaren leichter ausgeschieden werden konnten.

Zusammenfassung.

Die Druckfestigkeit des Spiegelglases wurde zunächst an Würfeln von verschiedener Kantenlänge bestimmt. Dabei zeigte sich eine deutliche Abnahme der Druckfestigkeit mit wachsender Kantenlänge.

Aus den Messungen an Zylindern von 5 mm Durchmesser und 5 mm Höhe ergibt sich die Druckfestigkeit des Spiegelglases im Mittel zu 12 400 kg/cm², im Maximum zu 13 800 kg/cm².

Die Druckfestigkeit des Borosilikat-Krons 516/640 der SENDLINGER Optischen Glaswerke beträgt bei stark gespannten Stücken im Mittel 15 200 kg/cm², im Maximum 18 400 kg/cm², während die Werte für gut gekühltes Glas desselben Typus 14 200 und 16 900 kg/cm² sind. Die Druckfestigkeit variiert also nur wenig mit der Spannung des Glases.

Digitized by Google

Bei dem stark gespannten Glase trat praktisch dieselbe Festigkeit bei kontinuierlich gesteigerter und in einzelnen Stufen wachsender Belastung auf. Bei dem sehr gut gekühlten Glase ergeben sich dagegen im letzteren Falle um etwa 12 Proz. kleinere Werte.

Die Druckfestigkeit des Quarzes beträgt parallel zur Achse im Mittel 25 000 kg/cm², im Maximum 28 000 kg/cm². Senkrecht zur Achse kann man die Druckfestigkeit im Mittel zu 23 000 kg/cm², im Maximum zu 27 000 kg/cm² ansetzen. Die Unterschiede in den beiden Richtungen sind also verhältnismäßig nur gering.

Digitized by Google

Über die Erklärung der Röntgenspektren[1]*;*
von L. Vegard.

(Eingegangen am 3. November 1917.)

§ 1. In dem Heft Nr. 12 der „Physikalischen Zeitschrift" d. J. ist es Herrn P. DEBYE gelungen, auf Grundlage der BOHRschen Anschauungen über die Struktur der Atome und das Zustandekommen der Serienspektren eine Formel für die Frequenz der K_α-Linie theoretisch abzuleiten.

Die DEBYEsche Formel gründet sich auf die Annahme, daß sämtliche Elemente, welche die K_α-Linie zeigen, einen inneren Ring von drei Elektronen besitzen, und daß die K_α-Linie entsteht, wenn eines der drei Elektronen aus dem Ring entfernt wird und von dem zweiten Stabilitätskreis unter Regenerierung des Ringes wieder in den ersten zurückkehrt. Dabei wird die Energiedifferenz der beiden Konfigurationen in der Form eines einzigen Energiequantums ausgestrahlt.

Aus der Herleitung DEBYEs kann geschlossen werden, daß, wenn die BOHRsche Vorstellung überhaupt anwendbar ist und wenn angenommen wird, daß die K-Serie durch Entfernen eines einzigen Elektrons aus einem einzigen relativ isoliert stehenden inneren Elektronenring entsteht, es nur eine Lösung des Problems gibt, nämlich die von DEBYE gefundene.

Läßt man aber eine der erwähnten Voraussetzungen fallen, wären vielleicht auch andere Möglichkeiten denkbar, die zu einer richtigen Formel für die K_α-Linie führen könnten.

Man kann die Frage allgemeiner folgendermaßen formulieren:

Es wird angenommen, daß die Hochfrequenzspektren der Elemente dem Vorhandensein eines inneren Ringes von p Elektronen ihre Existenz verdanken.

Es wird nun vom Ring eine Anzahl q Elektronen entfernt, so daß zwei Systeme, das eine aus $(p - q)$ Elektronen, das andere aus q Elektronen bestehend, gebildet werden.

[1]) An die „Kristiania Vid. Selskap", 23. Okt., eingeliefert.

Digitized by Google

Wenn schließlich die zwei Systeme rekombinieren und das ursprüngliche System wiederherstellen, werden q Elektronen ihre angulären Momente gleichzeitig ändern, und man könnte dann die BOHRsche Anschauung in der Weise verallgemeinern, daß man annähme, daß jedes Elektron durch Änderung des angulären Moments ein einziges Energiequantum ausstrahle.

Ob eine solche Verallgemeinerung des Quantensatzes für die Erklärung der Spektren von Nutzen sein wird, muß dahinstehen; es ist meine Absicht, im folgenden zu zeigen, daß sie jedenfalls zu einer Formel für die K_α-Linie führen kann, welche die Beobachtungen in befriedigender Weise darstellt.

§ 2. Wir sehen bis weiter von der Änderung der Masse mit der Geschwindigkeit ab. Die Anwendung des BOHRschen Quantensatzes führt zu dem folgenden Ausdruck für die Totalenergie $-W$[1]).

Für den nicht gesprengten Ring mit p Elektronen:

$$W_1 = phR(Z - S_p)^2$$

h ist PLANCKs Konstante, R RYDBERGs Universalfrequenz.

Für das gesprengte System, aus einem inneren Ring von $(p-q)$ einquantigen und einem äußeren von q zweiquantigen Elektronen bestehend:

$$W_2 = (p-q)hR(Z - S_{p-q})^2 + q\frac{hR}{2^2}(Z - p + q - S_q)^2.$$

Für die Frequenz erhält man:

$$qh\nu = phR(Z-S_p)^2 - (p-q)hR(Z-S_{p-q})^2 - \frac{qhR}{2^2}(Z-p+q-S_q)^2$$

$$\frac{\nu}{R} = \frac{p}{q}(Z-S_p)^2 - \frac{p-q}{q}(Z-S_{p-q})^2 - \frac{(Z-p+q-S_q)^2}{2^2}$$

oder

$$\frac{\nu}{R} = {}^3/_4 Z^2 + B_{pq}Z + C_{pq},$$

wobei B_{pq} und C_{pq} Funktionen von p und q bezeichnen.

Unabhängig von p und q bekommt man also den unzweifelhaft richtigen Wert des Faktors von Z^2. Es fragt sich jetzt, welche Werte von p und q annähernd richtige Werte für B_{pq} und C_{pq} werden geben können. Maßgebend ist hier in erster Linie ein richtiger Wert von B_{pq}.

---

[1]) Vgl. DEBYE, l. c.

Digitized by Google

Durch $q = 1$ und $p = 2$ lassen sich nach DEBYE die Beobachtungen nicht befriedigen.

Dagegen geben $p = 3$ und $q = 1$ eine gute Übereinstimmung; diese Kombination gibt die von DEBYE gefundene Lösung.

Weiter finden wir, daß $p = 4$ und $q = 4$ auf die Formel

$$\frac{\nu}{R} = {}^3/_4 (Z - 0{,}9571)^2$$

führt, und dieser Ausdruck ist mit der von MOSELEY aufgestellten bekannten Formel praktisch identisch.

Versuchen wir mit höheren Werten von p, so lassen sich keine Werte von q finden, die eine hinreichende Übereinstimmung gewähren.

Die Annahme $p = q = 4$ führt also bei den niedrigeren Z-Werten zu einer ganz befriedigenden Übereinstimmung mit den Beobachtungsergebnissen.

Auch wenn man die Massenvariation des Elektrons nach dem Relativitätsprinzipe berücksichtigt, bewährt sich die hier gefundene Formel sehr gut.

Wenn man in der von SOMMERFELD [1]) und DEBYE [2]) angegebenen Weise die Massenvariation in Betracht nimmt, bekommt man die ganz einfache Formel

$$\frac{\nu}{R} = \frac{2}{\varrho}\left\{\sqrt{1 - \frac{\varrho}{4}(Z - S_4)^2} - \sqrt{1 - \varrho (Z - S_4)^2}\right\} \qquad 2\,a)$$

wobei ϱ die von SOMMERFELD eingeführte Konstante

$$\varrho = \frac{2hR}{\mu c^2} = 5{,}30 \cdot 10^{-5}$$

bedeutet.

Durch Reihenentwickelung erhält man in erster Annäherung

$$\frac{\nu}{R} = {}^3/_4 (Z - S_4)^2 [1 + {}^5/_{16}\, \varrho (Z - S_4)^2]. \qquad 2\,b)$$

Einige mittels der letzteren Formel berechneten Werte von ν/R sind in untenstehender Tabelle angegeben. In derselben sind auch die entsprechenden beobachteten und die von DEBYE berechneten Werte mit aufgeführt.

---

[1]) A. SOMMERFELD, Ann. d. Phys. (4) **51**, 125, 1916.
[2]) l. c.

Digitized by Google

Tabelle I für ν/R.

Z	ν/R beob.	ν/R nach DEBYE	Abw. in Proz.	ν/R ber. nach 2 b)	Abw. in Proz.
15 (P) . .	147,7	146,4	0,9	148,4	0,4
20 (Ca) . .	271,6	272,4	0,3	273,6	0,7
25 (Mn) .	435,4	437,3	0,4	437,7	0,5
30 (Zn) . .	635,9	641,5	0,9	641,5	0,9
35 (Br) . .	880,4	885,6	0,6	885,9	0,6
40 (Zr) . .	1156	1171	1,3	1172	1,4
45 (Rh) .	1482	1499	1,1	1502	1,3
50 (Sn) . .	1871	1877	0,3	1876	0,3
55 (Cs) . .	2290	2297	0,3	2296	0,3
60 (Nd) .	2761	2777	0,6	2766	0,2

Es stellt sich also heraus, daß die DEBYEsche Formel und die von mir angegebene auf nahezu identische Werte für ν/R führen. Der prozentuelle Fehler hat ungefähr dieselbe Größe und dasselbe Zeichen und zeigt auch in den beiden Fällen mit Änderung von Z denselben Verlauf.

§ 3. Wenn die Quantenbedingungen in der erörterten allgemeineren Fassung genommen werden, und wenn die Erzeugung der K_α-Linie durch Sprengung eines einzigen inneren Ringes erklärt werden soll, ist die Bestimmung der Anzahl von Elektronen im nichtgesprengten Ring nicht ohne weiteres eindeutig; sondern man hat mit zwei, aber wohl auch nur zwei, Möglichkeiten zu rechnen: dem DEBYEschen Ring mit drei und demjenigen hier angegebenen mit vier Elektronen.

Welche Lösung die richtige ist, läßt sich kaum durch einen Vergleich mit den Beobachtungen entscheiden. Die Formel, die auf die Annahme von vier Elektronen baut, hat den Vorteil der größeren Einfachheit; die endgültige Entscheidung muß aber durch Zuhilfenahme der physikalischen Folgerungen, zu denen die beiden Hypothesen führen, geschehen, und sieht man die beiden Formeln im Lichte der physikalischen Bedingungen für die Bildung der Strahlen, so stellt sich die DEBYEsche Formel entschieden am günstigsten.

Wie aus den Versuchen von BARKLA und SADLER hervorgeht[1]), wird die sekundäre K-Strahlung nicht erzeugt werden

[1]) C. G. BARKLA und C. A. SADLER, Phil. Mag. (6) **16**, 550, 1908; C. A. SADLER, ebenda (6) **18**, 107, 1909; C. G. BARKLA, ebenda (6) **23**, 987, 1912.

Digitized by Google

können, ehe die Härte der primären Strahlen diejenige der vom sekundären Radiator selbst ausgesandten Strahlen überschreitet; der Betrag der Überschreitung braucht aber nur gering zu sein. Die Frequenz K_A derjenigen Strahlen, die eben hart genug sind, um die K-Strahlung zu erzeugen, ist von WAGNER [1]) und DE BROGLIE [2]) genau bestimmt worden. Nach diesen Messungen ist K_A der Frequenz K_α sehr nahe gleich. Das zur Bildung des K-Spektrums verbrauchte Energiequantum ist also derjenigen Energie sehr nahe gleich, die gebraucht wird, um ein Elektron vom inneren Stabilitätskreis auf einen äußersten hinauszubringen. Ein Energiequantum bekommt man also, es sei nun auf direktem Wege oder durch einen sekundären Kathodenstrahl, dadurch, daß man ein, aber auch nur ein, Elektron aus dem inneren Ring hinausbringt. Da die DEBYEsche Formel voraussetzt, daß nur ein Elektron ausgeschossen wird, so sehen wir, daß in dieser Weise durch Wirkung nur eines einzelnen Energiequantums Strahlung erzeugt werden kann. — Nimmt man dagegen an, daß der ganze Ring von vier Elektronen in einen neuen Stabilitätskreis überginge, so müßten, um Strahlung zu erzeugen, vier Energiequanta hK_A absorbiert werden, — eine Annahme, die wenig wahrscheinlich ist.

Zum gleichen Resultat würde man gelangen durch Betrachtung derjenigen Kathodenstrahlengeschwindigkeiten, die notwendig sind, um die K-Strahlung zu erzeugen. Die kleinsten Geschwindigkeiten, die zur Bildung der K-Strahlung hinreichend sind, sind zuerst von WHIDDINGTON [3]) gemessen, und später genauer von WEBSTER [4]). Das Ergebnis hiervon ist, daß die Energie des Kathodenstrahls gleich dem Energiequantum hK_A sein muß, um Linien der K-Serie erzeugen zu können. — Soll also ein einzelner Kathodenstrahl unter günstigen Stoßverhältnissen, wenn die Energie die Größe hK_A überschreitet, imstande sein, K-Strahlung zu erzeugen, kann nur die DEBYEsche Formel aufrecht erhalten werden.

Nach DEBYE sollte weiter die K_β-Linie erklärt werden können durch eine Rekombination des Atoms von einem dreiquantigen

---

[1]) E. WAGNER, Ann. d. Phys. (4) **46**, 868, 1915; Phys. ZS. **18**, 432, 1917.
[2]) M. DE BROGLIE, C. R. **163**, 87, 354, 1916.
[3]) R. WHIDDINGTON, Proc. Roy. Soc. 1911.
[4]) D. L. WEBSTER, Proc. Amer. Acad. **2**, 90, 1916.

Digitized by Google

Stabilitätskreis auf den inneren. Es mag von Interesse sein, zu bemerken, daß man mit einigermaßen derselben Genauigkeit die K_β-Linie durch vier Elektronen erklären kann, deren ganzer Ring von einem dreiquantigen Stabilitätskreis aus unter Ausstrahlung von vier Quanten auf den innersten hineingeht.

Wir erhalten dann

$$\frac{\nu}{R} = \frac{2}{\varrho}\left\{\sqrt{1-\frac{\varrho}{9}(Z-S_4)^2} - \sqrt{1-\varrho(Z-S_4)^2}\right\} \qquad 3)$$

Nun ist infolge einer bekannten Relation von KOSSEL [1]):

$$K_\beta - K_\alpha = L_\alpha \qquad 4)$$

und wir sollten so erhalten, daß L_α durch Wiedervereinigung vom dritten auf den zweiten Stabilitätskreis entstehen sollte.

Diese Auffassung stimmt mit der empirischen Formel [2]) für L_α überein, welche zeigt, daß der Faktor von Z^2 gleich $(1/2^2 - 1/3^2)$ ist. — Allein diese Erklärung der L_α stimmt nur schlecht mit den Ergebnissen der Absorptionsmessungen. Nach BARKLA und SADLER [3]) wird auch dann eine L-Absorption eintreten, wenn die Härte der primären Strahlung diejenige der L-Strahlung eben überschreitet, und WAGNER und DE BROGLIE [3]) haben für die L-Reihe photographisch zwei Absorptionskanten nachgewiesen und die kleinsten Absorption gebenden Frequenzen bestimmt.

Halten wir nun daran fest, daß ein einzelnes Energiequantum hinreichend sein soll, um Strahlung zu erzeugen, so können diejenigen Quanta, die der L-Absorption entsprechen, nicht eine L-Linie erzeugen, falls das Elektron aus dem innersten Ring ausgesprengt werden soll, denn dazu ist seine Energiemenge zu klein. Wollen wir die Auffassung aufrechthalten, daß die L_α beim Übergang von einem dreiquantigen auf einen zweiquantigen Kreis entsteht, so muß angenommen werden, entweder daß die Wirkung mehrerer Quanta akkumuliert werden kann, oder daß sich in den Atomen in natürlichem Zustande einzelne Elektronen finden, die zweiquantige Kreise haben.

Von diesem Gesichtspunkt aus würden sich diejenigen Annahmen, worauf ich meine Formel für die K-Reihe gebaut habe, vielleicht in physikalischer Hinsicht weniger unwahrscheinlich ge-

[1]) W. KOSSEL, Verh. d. D. Phys. Ges. 1914.
[2]) H. G. J. MOSELEY, Phil. Mag., Dec. 1913.
[3]) l. c.

Digitized by Google

stalten. Denn wenn die Wirkung akkumuliert wird, so ist an sich nicht zu hindern, daß der ganze innere Ring von vier Elektronen gesprengt wird und in einen neuen zweiquantigen übergehen kann.

§ 4. Um die erwähnte Schwierigkeit zu vermeiden, könnte man auch mit KOSSEL [1]) annehmen, daß jede Serie an ihr Ringsystem geknüpft wäre.

Dieser Auffassung zufolge sollte die K_α-Linie dadurch entstehen, daß ein Elektron vom L-Ringe ein vom K-Ringe entferntes Elektron ersetzte; L_α sollte entsprechend gebildet werden, wenn ein Elektron vom M-Ringe ein solches vom L-Ringe entferntes ersetzte. — Auch diese Annahme würde in einfacher Weise die KOSSELsche Relation erklären.

Wenn wir uns indessen auf die BOHRsche Auffassung des Atombaues stützen und annehmen wollen, daß im natürlichen Atom nur einquantige Ringe vorhanden sind, so stößt auch diese Annahme KOSSELs, wie es scheint, auf unübersehbare Schwierigkeiten.

Wir nehmen an, daß wir einen Ring von p Elektronen haben, und daß innerhalb dieses Ringe mit einer Gesamtzahl von r Elektronen existieren. Der nächstfolgende Ring mag q Elektronen haben.

Nach BOHR [2]) kann nun, falls die Durchmesser nicht nahe gleich sind, für einen Ring von der Wirkung der außerhalb liegenden Elektronen abgesehen werden, während die Wirkung der innerhalb liegenden angenähert darin besteht, die Kernladung mit ebensovielen negativen Quanten zu vermindern, als Elektronen innerhalb des Ringes vorhanden sind.

Die effektive Kernladung wird dann für den p-Ring:

$$Z' = Z - r,$$

für den q-Ring:

$$Z'' = Z - (r + p).$$

Wir betrachten jetzt das Verhältnis, nachdem ein Elektron vom p-Ringe fortgeschlossen ist. Die Gesamtenergie W_2 der zwei Ringe ist dann:

$$W_2 = W_{p-1} + W_q = hR\{(p-1)(Z' - S_{p-1})^2 + q(Z'' - S_q)^2\}.$$

[1]) W. KOSSEL, l. c.; siehe auch N. BOHR, Phil. Mag. (6) **30**, 413, 1915.
[2]) N. BOHR, Phil. Mag. (6) **26**, 476, 1913.

Digitized by Google

Die Energie des Systems, nachdem ein Elektron vom q- zum p-Ringe übergeführt ist, wird:

$$W_1 = hR\{p(Z'-S_p)^2 + (q-1)(Z''-S_{q-1})^2\}.$$

Die Frequenz wird nach dem BOHRschen Emissionsgesetz bestimmt durch:

$$h\nu = W_1 - W_2$$

und nach Einsetzen der W-Werte und Ordnung nach Potenzen von Z bekommt man:

$$\frac{\nu}{R} = A_{pqr}Z + B_{pqr}. \qquad 5)$$

Wir sehen, daß der Faktor von Z^2, welcher für $L_\alpha(1/2^2 - 1/3^2)$ oder wenigstens angenähert gleich dieser Zahl werden sollte, unabhängig von p und q identisch verschwindet.

Hieraus folgt, daß es unmöglich ist, durch Rekombination zwischen zwei einquantigen Ringen die L_α zu erklären.

Es scheint also, daß wir auch auf diesem Wege zu der notwendigen Annahme geleitet werden, daß im normalen Atom mehrquantige Ringe existieren.

§ 5. Wir setzen nun voraus, daß der L-Ring zweiquantig ist, oder daß wir für jedes Elektron des Ringes haben:

$$mva = 2\frac{h}{2\pi}. \qquad 6)$$

Es sei die Anzahl der Elektronen im K-Ringe p, im L-Ringe q. Nehmen wir ein Elektron vom L-Ringe entfernt an. Wir wollen dann untersuchen, ob L_α durch die Annahme erklärt werden kann. daß die Wiedervereinigung eines Elektrons von einem dreiquantigen Stabilitätskreis aus auf den gebrochenen Ring von $(q-1)$ Elektronen geschieht.

Nach der Rekombination ist die Energie des Systems $-W_1$, wo

$$W_1 = \frac{q}{2^2}(Z'-S_q)^2 hR$$

und

$$Z' = Z - p$$

gesetzt ist.

Vor der Rekombination ist die gesamte Energie des gebrochenen Ringes und des Elektrons gleich $-W_2$, wo

$$W_2 = \left\{\frac{q-1}{2^2}(Z'-S_{q-1})^2 + \frac{1}{3^2}(Z'-q+1)^2\right\} hR.$$

Digitized by Google

Bei Benutzung des Bohrschen Quantengesetzes bekommt man für die Frequenz nach einiger Rechnung:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\nu_0}{R} &= \frac{5}{36} Z^2 + B_{pq} Z + C_{pq}, \\ B_{pq} &= \frac{2}{9}(p+q-1) - \frac{1}{2}(p + S_{q-1}) - \frac{q}{2}(S_q - S_{q-1}), \\ C_{pq} &= \frac{q}{4}(S_q - S_{q-1})(2p + S_q + S_{q-1}) + \left(\frac{p+S_{q-1}}{2}\right)^2 \\ &\quad - \left(\frac{p+q-1}{3}\right)^2. \end{aligned}\right\} 7)$$

Sehen wir nun das Resultat von Debye, daß der K-Ring aus drei Elektronen besteht, als richtig an, so haben wir also $p = 3$ zu setzen.

Für die L-Reihe gilt nach Moseley [1]) die empirische Formel

$$\frac{\nu}{R} = \frac{5}{36}(Z - 7{,}4)^2 = \frac{5}{36} Z^2 - 2{,}0556\, Z + 7{,}6. \qquad 8)$$

Es fragt sich jetzt, ob wir q so bestimmen können, daß diese Formel mit einer hinreichenden Genauigkeit erfüllt wird.

Versuchen wir mit den verschiedenen ganzzahligen Werten für q, mit $q = 1$ beginnend, so zeigt es sich, daß wir für $q = 7$ eine ganz vorzügliche Übereinstimmung erhalten. Dieser Wert von q zusammen mit $p = 3$ in die Gleichung 7) eingesetzt, gibt

$$\frac{\nu_0}{R} = \frac{5}{36} Z^2 - 2{,}0846\, Z + 5{,}3 \qquad 9\,a)$$

und wir sehen, daß die Übereinstimmung fast erstaunend gut ist.

Nun tritt indessen auch hier das Sonderbare ein, daß wir die L_α-Linie auch dann erklären können, wenn wir annehmen, daß der ganze Ring gesprengt und ein neuer dreiquantiger Ring von q Elektronen gebildet wird.

Nehmen wir an, daß der zweiquantige Ring unter Abgabe von q Energiequanta regeneriert wird, erhalten wir für die Frequenz den Ausdruck

$$\frac{\nu}{R} = \frac{5}{36}(Z - p - S_q)^2. \qquad 10\,a)$$

Für den K-Ring sollten wir diejenige Anzahl von Elektronen wählen, die der hier gemachten Voraussetzung entspricht, also $p = 4$. Wählen wir dann weiter $q = 9$, ergibt sich

$$\frac{\nu}{R} = \frac{5}{36}(Z - 7{,}328)^2. \qquad 10\,b)$$

[1]) l. c.

Digitized by Google

Aus den früher erwähnten Gründen sind die dieser Formel zugrunde gelegten Voraussetzungen mit den physikalischen Bedingungen für die Strahlenemission kaum vereinbar.

Es scheint so, daß wir in den die K- und L-Strahlung erzeugenden Atomen einen inneren einquantigen K-Ring von drei Elektronen haben, von einem zweiquantigen L-Ring von sieben Elektronen umgeben.

Die Variation der Masse des Elektrons mit der Geschwindigkeit kann leicht berücksichtigt werden. Es ist von vornherein klar, daß die diesbezügliche Korrektion der Schwingungszahl für dasselbe Element hier viel kleiner als bei der K-Reihe werden wird. Für ein gegebenes Element finden wir das Verhältnis der Geschwindigkeit des L-Ringes zu derjenigen des K-Ringes:

$$\frac{v_L}{v_K} = \frac{1}{2}\,\frac{Z-5{,}3}{Z-0{,}58}.$$

Bei Berücksichtigung der Massenvariation des Elektrons erhalten wir durch Benutzung des von DEBYE angegebenen Verfahrens:

Für die Energie des nicht gesprengten Ringes nach der Rekombination $-W_1$:

$$W_1 = \frac{14\,Rh}{\varrho}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{\varrho}{4}(Z-3-S_7)^2}\right].$$

Für die Energie vor der Rekombination:

$$W_2 = \frac{12\,Rh}{\varrho}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{\varrho}{4}(Z-3-S_6)^2}\right] + \frac{2\,Rh}{\varrho}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{\varrho}{9}(Z-9)^2}\right].$$

Bei Anwendung des BOHRschen Frequenzgesetzes bekommt man nach einiger Reduktion:

$$\frac{\nu}{R} = \frac{2}{\varrho}\left[6\sqrt{1 - \frac{\varrho}{4}(Z-b)^2} + \sqrt{1 - \frac{\varrho}{9}(Z-9)^2} - 7\sqrt{1 - \frac{\varrho}{4}(Z-a)^2}\right], \qquad 9\,\text{b})$$

wobei

$$a = p + S_7 = 5{,}3048,$$
$$b = p + S_6 = 4{,}8274.$$

Digitized by Google

Durch Reihenentwickelung und Einführung der früher berechneten nicht korrigierten Frequenz wird schließlich erhalten:

$$\frac{\nu}{R} = \frac{\nu_0}{R} + \varrho \left\{ \frac{7}{64}(Z-a)^4 - \frac{6}{64}(Z-b)^4 - \frac{1}{324}(Z-9)^4 \right\}. \qquad 9\,c)$$

Die Genauigkeit der theoretisch entwickelten Formel ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

Tabelle II.

Element	Z	$(\nu/R)_{beob.}$	$(\nu/R)_{emp.}$	$(\nu_0/R)_v$	$(\nu/R)_v$	$P_{emp.}$	P_v
Zn	30	73,8	71,0	67,8	67,9	— 3,8	— 8,0
Br	35	108,6	105,8	102,5	102,8	— 2,6	— 5,3
Zr	40	149,8	147,6	144,1	144,8	— 1,5	— 3,3
Rh	45	198,3	196,4	192,7	193,9	— 1,0	— 2,2
Sn	50	253,5	252,0	248,3	250,5	— 0,6	— 1,2
Cs	55	315,2	314,7	310,8	314,0	— 0,2	— 0,4
Nd	60	384,6	384,3	380,2	384,9	— 0,1	0,0
Tb	65	461,8	460,8	456,6	463,4	— 0,2	+ 0,3
Ad	70	545,6	544,3	539,9	549,5	— 0,2	+ 0,7
Hg	80	734,9	732,1	727,4	745,5	— 0,4	+ 1,4
Th	90	952,2	947,6	942,7	972,5	— 0,5	+ 2,1

$(\nu/R)_{emp.}$ sind die aus Moseleys empirischer Formel berechneten Werte.

$(\nu/R)_v$ sind die nach meiner Formel berechneten Werte, für Massenvariation korrigiert.

$(\nu_0/R)_v$ sind die entsprechenden nicht korrigierten Werte.

$P_{emp.}$ und P_v sind die prozentuellen Fehler der Moseleyschen bzw. meiner Formel.

Wir sehen, daß die Übereinstimmung zwischen den beobachteten und den theoretisch berechneten Frequenzen eine überraschend gute ist. Bei mittleren Atomzahlen verschwindet der Fehler ganz. Die Ursache der regelmäßigen Änderung des Fehlers von niedrigeren zu höheren Atomnummern darf man vielleicht in einer Beeinflussung von seiten der äußeren Elektronenringe erblicken.

Es ist so auf diese Weise gelungen, für die Hauptlinie L_α der L-Reihe eine Erklärung zu geben, durch die Annahme eines eigenen Elektronenringes dieser Reihe von sieben Elektronen. Gleichzeitig wird in einfacher Weise die Existenz einer L-Absorption der Stoffe erklärt, welche wieder die L-Strahlung veranlaßt.

Digitized by Google

Wegen der Zweiquantigkeit des Ringes der L-Reihe werden diejenigen Spektrallinien, welche durch Wiedervereinigung auf den L-Ring erzeugt werden, Frequenzen von ungefähr derselben Größenordnung erhalten müssen, wie diejenigen, die hervorgerufen werden, wenn ein Elektron auf den K-Ring hinein rekombiniert wird und damit in den nächstinneren zweiquantigen Stabilitätskreis übergeht — insofern eine derartige Linienbildung überhaupt möglich ist. In diesem Falle sollte man unter den Linien der L-Reihe solche haben, die in der Tat an den K-Ring geknüpft sind. Inwiefern derartige Linien wirklich existieren, würde man prüfen können durch die Untersuchung, ob eine L-Absorption allein imstande wäre, die sämtlichen L-Linien zu erzeugen, oder ob Kathodenstrahlen, deren Geschwindigkeit unterhalb der K-Schwelle liegt, sämtliche L-Linien erregen.

Sollte dies der Fall sein, so müßten wir daraus schließen, daß eine Rekombination auf mehrquantige K-Kreise nicht möglich wäre.

§ 6. Wie erwähnt, haben WAGNER und DE BROGLIE für die L-Reihe zwei Absorptionskanten gefunden. Es ist nun zwar nicht unmöglich, sich die beiden Absorptionskanten als aus einem Ringe entstanden zu denken; — das Entfernen des ersten Elektrons könnte die erste Absorptionskante geben, während das Entfernen des nächsten die zweite Kante gäbe. Allein die Wahrscheinlichkeit für einen Verlust von zwei Elektronen vom Ringe scheint bei den vorhandenen Strahlenintensitäten im Verhältnis zu derjenigen für ein Elektron außerordentlich gering werden zu müssen. Es ist daher wahrscheinlicher mit WAGNER [1]) anzunehmen, daß jede der Absorptionskanten an seinen L-Ring geknüpft ist. Auch die später zu gebende Erklärung der M-Reihe fordert, daß mehr als sieben Elektronen von der L-Reihe verschluckt werden.

Wenn wir nun außerhalb des gefundenen noch einen zweiten zweiquantigen L-Ring annehmen würden, so würde er als erste Reihenglieder Linien von niedrigerer Frequenz als L_α geben. Die prinzipale Serienlinie des äußeren Ringes sollte dann die SIEGBAHNsche [2]) l-Linie (ε nach SOMMERFELD) werden. Diese Linie soll im folgenden als l_ε bezeichnet werden.

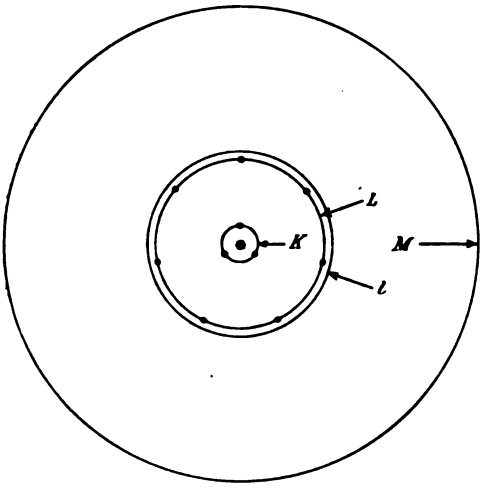
---

[1]) E. WAGNER, Phys. ZS. **18**, 464, 1917.
[2]) M. SIEGBAHN, Jahrb. d. Rad. u. El. **13**, 296, 1916.

Digitized by Google

Es fragt sich jetzt, ob wir die Anzahl von Elektronen im äußeren zweiquantigen Ring so bestimmen können, daß als Hauptlinie der Reihe die l_ε herauskommt.

Diese Bestimmung wird voraussichtlich bedeutend schwieriger als die Berechnung der Hauptfrequenz der inneren Ringe werden, denn die Durchmesser der beiden L-Ringe stellen sich als sehr wenig verschieden heraus (siehe Figur und Tabelle III), und wir dürfen für den äußeren L-Ring die effektive Kernladung nicht einfach gleich $(Z-10)$ setzen. Eine vorläufige Überschlagsrechnung hat gezeigt, daß wir durch die Annahme von sieben bis acht Elektronen im äußersten Ring für die Frequenz der l_ε-Linie einen angenähert richtigen Wert erhalten. Eine genauere Bestimmung muß einer späteren Veröffentlichung vorbehalten werden.



§ 7. Nach dem Vorhergehenden sollten wir also zu der folgenden Vorstellung über die Bildung der Linien der L-Strahlung gelangt sein:

Sämtliche Linien bestehen in der Hauptsache aus zwei Reihen, jede an ihren Elektronenring geknüpft.

Dem inneren L-Ring gehören wahrscheinlich die Linien L_α, L_β und L_γ mit Satelliten und der Absorptionskante L_{A_2} an, an den äußeren l-Ring sind die Linien l_ε, l_η und mutmaßlich $\beta_5(l_?)$ und die Absorptionskante L_{A_1} geknüpft [1]).

[1]) Anmerkung bei der Korrektur. Wegen der von WAGNER gefundenen Beziehung $V_{A_1} - V_{A_2} = L_\beta - L_\alpha$ und der von SOMMERFELD gegebenen Deutung der Liniendublette ist es wohl besser anzunehmen, daß die beiden Absorptionslinien zu der L-Serie gehören, während die der l-Serie entsprechenden Absorptionslinien vielleicht wegen ihrer Schwäche nicht beobachtet worden sind. Diese Deutung führt zu der Ansicht, daß ein System von mehreren Elektronen einen zirkulären und einen elliptischen Zustand im normalen Atom besitzt.

Digitized by Google

Wegen der zwischen der L- und der M-Frequenz bestehenden zahlenmäßigen Relationen[1]) würde es natürlich sein, zu versuchen, die M-Reihe durch einen dreiquantigen Ring zu bilden. Nehmen wir acht Elektronen im l-Ring und neun Elektronen in dem dreiquantigen M-Ring an, so stimmen die erhaltenen Werte der M-Frequenzen mit den beobachteten einigermaßen überein.

Die verhältnismäßig geringe Anzahl von gemessenen M-Linien lassen sich angenähert durch die Relation

$$\frac{\nu}{R} = \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) Z^2 - 2{,}37\, Z + 40$$

darstellen.

Theoretisch wird unter den erwähnten Voraussetzungen abgeleitet

$$\frac{\nu}{R} = \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) Z^2 - 2{,}45\, Z + 28\ ^2).$$

Eine genauere Berechnung kann nur vorgenommen werden, wenn die Anzahl von Elektronen im l-Ringe genau bestimmt wird.

In Tabelle III sind für die Elemente Zr und Hg die Radien der vier Ringe K, L, l und M aufgeführt, und für das letztere Element sind die Ringe in beistehender Figur dargestellt.

Tabelle III.

	Zr $Z = 40$ cm	Hg $Z = 80$ cm
A_K	$1{,}34 \cdot 10^{-10}$	$0{,}63 \cdot 10^{-10}$
A_L	6,08	2,82
A_l	7,76	3,18
A_M	25,4	8,10

Bei der vorhergehenden Herleitung sind wir dem DEBYE schen Verfahren gefolgt und haben angenommen, daß das auf einen gesprengten Ring rekombinierende Elektron von seinem eigenen selbständigen Stabilitätskreis kommt, welcher nur durch Elektronen bestimmt wird, die dem gebrochenen Ring oder den innerhalb dieses gelegenen angehören.

[1]) Vgl. E. WAGNER, l. c.

[2]) Zehn Elektronen im M-Ring geben

$$\frac{\nu}{R} = \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) Z^2 - 2{,}55\, Z + 31.$$

Digitized by Google

Wie erwähnt, könnten die Kosselschen Relationen

$$\nu_{K_\beta} - \nu_{K_\alpha} = \nu_{L_\alpha}$$
$$\nu_{K_\gamma} - \nu_{K_\beta} = \nu_{L_\beta} - \nu_{L_\alpha} = \nu_{M_\alpha}$$

natürlich zu der Auffassung führen[1]), daß das von einem Ring entfernte Elektron durch ein solches von einem außerhalb liegenden Ringe ersetzt würde.

Nach dem Vorhergehenden braucht aber diese Ansicht nicht als eine notwendige Folge der Kosselschen Relationen aufgefaßt zu werden, denn, wie wir gesehen haben, wird auch das von uns befolgte Verfahren angenähert Frequenzen geben, die die Kosselschen Relationen befriedigen.

Andererseits sehen wir, daß sich wohl auch die Kosselsche Auffassung mit den hier aufgestellten Ringsystemen vereinbaren läßt, nur wird eine genau durchgeführte Rechnung möglicherweise zu etwas anderen Elektronenzahlen der Ringe führen.

Die Kosselsche Auffassung des Emissionsmechanismus kann sogar bei den hier angenommenen Ringsystemen recht natürlich erscheinen, indem wir in jedem Falle Rekombinationen gegen sinkende Quantenzahlen erhalten.

Ob die eine oder andere Auffassung für eine genaue Erklärung der Röntgenspektren die geeignetste sein wird, muß vorläufig unbeantwortet bleiben. Jedenfalls scheint es doch unzweifelhaft, daß die hier angegebenen Ringsysteme, die auf nach außen steigende Quantenzahlen bauen, den stattfindenden Verhältnissen entsprechen und eine befriedigende Erklärung der Bildung der Röntgenspektren gewähren.

Zusammenfassung.

1. Um zu untersuchen, inwiefern die Debyesche Formel für die K-Reihe, die sich auf die Annahme von drei Elektronen in dem inneren Ringe gründet, die einzig mögliche ist, ist die Berechnung der K-Reihe durchgeführt worden auf Grundlage einer Verallgemeinerung des Bohrschen Frequenzgesetzes, indem angenommen wird, daß eine beliebige Anzahl (q) Elektronen in einen anderen Stabilitätskreis übergeführt werden kann und daß bei der Wiedervereinigung q Energiequanta ausgestrahlt werden.

[1]) Siehe N. Bohr, Phil. Mag. (6) **30**, 413, 1914.

Digitized by Google

Es zeigt sich dann, daß außer der DEBYEschen auch eine andere Annahme zu einer die Beobachtungen befriedigend darstellenden Formel für K_α führt, diejenige nämlich, daß der innere Ring aus vier Elektronen bestehe und daß die K_α-Linie durch Übergang des gesamten Ringsystems aus einem zweiquantigen in einen einquantigen Stabilitätskreis erzeugt werde.

2. Allein die physikalischen Bedingungen für die Bildung einer K-Linie sprechen entschieden zugunsten der DEBYEschen Formel.

3. Die Absorptionsverhältnisse zeigen, daß auch ein L-Ring existieren muß; die L-Reihe kann nicht als durch Spaltung des K-Ringes hervorgerufen angenommen werden.

4. Die L-Reihe kann nicht durch einquantige Elektronenringe erklärt werden, sondern wir werden genötigt, die BOHRsche Quantenbedingung für den Aufbau des Atoms derart zu verallgemeinern, daß im neutralen Atom die Existenz mehrquantiger Ringe angenommen wird.

5. Die L_α-Linie läßt sich in befriedigender Weise durch die Annahme eines zweiquantigen Elektronenringes von sieben Elektronen erklären.

Wenn ein Elektron vom L-Ringe entfernt und in einen dreiquantigen Ring hinausgebracht angenommen wird, so entsteht die L-Reihe, indem das Elektron unter Ausstrahlung eines Energiequantums den ursprünglichen Ring regeneriert.

6. Auch für die L-Reihe kann rein zahlenmäßig Übereinstimmung erzielt werden, wenn der ganze Ring gesprengt und in einen dreiquantigen Ring übergeführt angenommen wird; in diesem Falle müssen aber im K-Ringe vier und im L-Ringe neun Elektronen angenommen werden. Diese letztere Annahme ist doch vom physikalischen Gesichtspunkt wenig wahrscheinlich.

7. Die M-Reihe wird durch einen dreiquantigen Ring von etwa neun Elektronen erklärt.

Physik. Institut der Universität Christiania, Okt. 1917.

Digitized by Google

Der Atombau auf Grundlage der Röntgenspektren[1]*;* *von L. Vegard.*

(Eingegangen am 12. November 1917.)

In einer am 23. Oktober d. J. an die „Kristiania Videnskapsselskap" eingesandten Arbeit[2]) habe ich versucht, auf Grundlage der Röntgenspektren die im Innern der Atome vorhandenen Elektronenringe zu bestimmen. Obgleich die Annahme von vier Elektronen in dem innersten Ringe bei einer Verallgemeinerung des BOHRschen Frequenzsatzes eine numerisch befriedigende Erklärung der K-Spektren zu geben vermochte, mußte doch diese Annahme von einem physikalischen Gesichtspunkte als wenig wahrscheinlich betrachtet werden. Es scheint so die einzige Möglichkeit übrig zu bleiben, mit DEBYE drei Elektronen im inneren Ringe anzunehmen.

Durch die allgemeinere Annahme, daß im neutralen Atom auch mehrquantige Ringe existieren könnten, gelang es mir, die prinzipalen Linien des L-, l- und M-Spektrums zu erklären. Das L-Spektrum verdankt einem zweiquantigen Ringe von sieben Elektronen seine Entstehung, das l-Spektrum einem außerhalb liegenden zweiquantigen Ringe von acht Elektronen. Der bisher erforschte Teil des M-Spektrums konnte auf Grund eines dreiquantigen Ringes von neun bis zehn Elektronen erklärt werden.

Wenn dies richtig ist, sollten wir eine so bedeutende Kenntnis der Elektronenringsysteme der Atome gewonnen haben, daß es möglich erscheinen sollte, auf diese Grundlage das ganze Atomsystem der Elemente aufzubauen, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der chemischen Verwandtschaftsverhältnisse.

Eine der wichtigsten Auskünfte, die uns die Röntgenspektren gewährt haben, ist die Erkenntnis, daß gewisse Ringe, falls sie einmal bei niedriger Atomzahl gebildet sind, mit der nämlichen Elektronen- und Quantenzahl der ganzen Elementenreihe hinauf fortsetzen. Dies gibt einen bestimmten und wertvollen Wink mit

[1]) An die Kristiania Vid. Selsk. am 30. Oktober eingesandt.
[2]) Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 328—343, 1917.

Digitized by Google

Rücksicht auf die Art des Aufbaues der Elemente, indem es von vornherein als wahrscheinlich gelten muß, daß dasjenige Gesetz, nach welchem sich die inneren Ringe ordnen, für die äußeren Ringe einigermaßen dasselbe sein muß.

Durch diese Betrachtungen geleitet, habe ich die folgende Tabelle aufgestellt, die für sämtliche Elemente die Anordnung der Ringe sowie die Anzahl von Elektronen in jedem Ringe geben sollte.

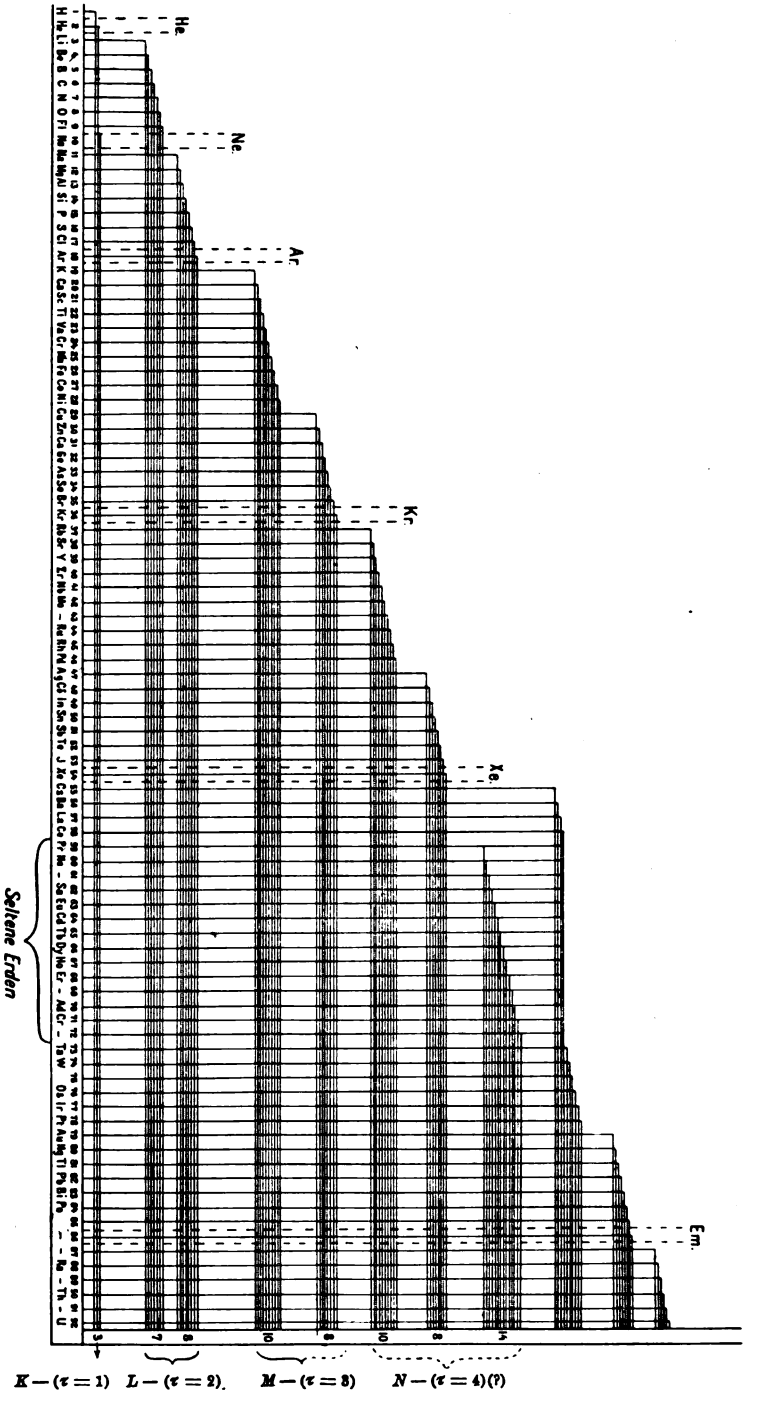
Die Anordnung der Ringe ist schematisch in beigefügter Figur dargestellt. In horizontaler Richtung sind die Elemente in Reihenfolge aufgestellt. Jede horizontale Linie vertritt ein Elektron, jede Gruppe solcher Linien einen Elektronenring. Für ein gegebenes Element erhalten wir die Ringanordnung durch die Schnittpunkte repräsentiert, welche eine am Platze des Elementes errichtete Senkrechte mit den Horizontallinien bildet.

	1	2	3	4		1	2	3	4	5	6	7
H . . . 1	1				Fe . . 26	3	7	8	8			
He . . 2	2				Co . . 27	3	7	8	9			
Li . . . 3	2	1			Ni . . 28	3	7	8	10			
Be . . 4	2	2			Cu . . 29	3	7	8	10	1		
B . . . 5	2	3			Zn . . 30	3	7	8	10	2		
C . . . 6	2	4			Ga . . 31	3	7	8	10	3		
N . . . 7	2	5			Ge . . 32	3	7	8	10	4		
O . . . 8	2	6			As . . 33	3	7	8	10	5		
F . . . 9	2	7			Se . . 34	3	7	8	10	6		
Ne . . 10	3	7			Br . . 35	3	7	8	10	7		
Na . . 11	3	7	1		Kr . . 36	3	7	8	10	8		
Mg . . 12	3	7	2		Rb . . 37	3	7	8	10	8	1	
Al . . . 13	3	7	3		Sr . . 38	3	7	8	10	8	2	
Si . . . 14	3	7	4		Y . . 39	3	7	8	10	8	3	
P . . . 15	3	7	5		Zr . . 40	3	7	8	10	8	4	
S . . . 16	3	7	6		Nb . . 41	3	7	8	10	8	5	
Cl . . . 17	3	7	7		Mo . . 42	3	7	8	10	8	6	
Ar . . . 18	3	7	8		— . . 43	3	7	8	10	8	7	
K . . . 19	3	7	8	1	Ru . . 44	3	7	8	10	8	8	
Ca . . . 20	3	7	8	2	Rh . . 45	3	7	8	10	8	9	
Se . . . 21	3	7	8	3	Pd . . 46	3	7	8	10	8	10	
Ti . . . 22	3	7	8	4	Ag . . 47	3	7	8	10	8	10	1
V . . . 23	3	7	8	5	Cd . . 48	3	7	8	10	8	10	2
Cr . . . 24	3	7	8	6	In . . . 49	3	7	8	10	8	10	3
Mn . . 25	3	7	8	7	Sn . . 50	3	7	8	10	8	10	4

Digitized by Google

	I	II		III		IV					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sb . . . 51	3	7	8	10	8	10	5				
Te . . . 52	3	7	8	10	8	10	6				
J 53	3	7	8	10	8	10	7				
X . . . 54	3	7	8	10	8	10	8				
Cs . . . 55	3	7	8	10	8	10	8		1		
Ba . . . 56	3	7	8	10	8	10	8		2		
La . . . 57	3	7	8	10	8	10	8		3		
Ce . . . 58	3	7	8	10	8	10	8		4		
Pr . . . 59	3	7	8	10	8	10	8	1	4		
Nd . . . 60	3	7	8	10	8	10	8	2	4		
— . . . 61	3	7	8	10	8	10	8	3	4		
Sa . . . 62	3	7	8	10	8	10	8	4	4		
Eu . . . 63	3	7	8	10	8	10	8	5	4		
Gd . . . 64	3	7	8	10	8	10	8	6	4		
Tb . . . 65	3	7	8	10	8	10	8	7	4		
Dy . . . 66	3	7	8	10	8	10	8	8	4		
Ho . . . 67	3	7	8	10	8	10	8	9	4		
Er . . . 68	3	7	8	10	8	10	8	10	4		
— . . . 69	3	7	8	10	8	10	8	11	4		
Ad . . . 70	3	7	8	10	8	10	8	12	4		
Cp . . . 71	3	7	8	10	8	10	8	13	4		
— . . . 72	3	7	8	10	8	10	8	14	4		
Ta . . . 73	3	7	8	10	8	10	8	14	5		
W . . . 74	3	7	8	10	8	10	8	14	6		
— . . . 75	3	7	8	10	8	10	8	14	7		
Os . . . 76	3	7	8	10	8	10	8	14	8		
Ir . . . 77	3	7	8	10	8	10	8	14	9		
Pt . . . 78	3	7	8	10	8	10	8	14	10		
Au . . . 79	3	7	8	10	8	10	8	14	10	1	
Hg . . . 80	3	7	8	10	8	10	8	14	10	2	
Ti . . . 81	3	7	8	10	8	10	8	14	10	3	
Pb . . . 82	3	7	8	10	8	10	8	14	10	4	
Bi . . . 83	3	7	8	10	8	10	8	14	10	5	
Po . . . 84	3	7	8	10	8	10	8	14	10	6	
— . . . 85	3	7	8	10	8	10	8	14	10	7	
Em . . . 86	3	7	8	10	8	10	8	14	10	8	
— . . . 87	3	7	8	10	8	10	8	14	10	8	1
Ra . . . 88	3	7	8	10	8	10	8	14	10	8	2
— . . . 89	3	7	8	10	8	10	8	14	10	8	3
Th . . . 90	3	7	8	10	8	10	8	14	10	8	4
— . . . 91	3	7	8	10	8	10	8	14	10	8	5
U . . . 92	3	7	8	10	8	10	8	14	10	8	6

Digitized by Google



Digitized by Google

Wir wollen uns überzeugen, daß der hier vorgeschlagene Aufbau der Atome der Elemente deren chemische Eigenschaften in richtiger Weise zum Ausdruck bringt. Diese letzteren müssen als wesentlich von den äußeren Elektronenringen abhängig angenommen werden, derart, daß der gleichen Anzahl von Elektronen in dem äußersten Ringe chemisch nahestehende Stoffe entsprechen, während die inneren Elektronenringe nur dahin wirken werden, die chemischen Affinitätskräfte zu modifizieren.

Betrachten wir nun die zwei ersten Perioden des periodischen Systems, von He bis Ne und von Ne bis Ar, so haben wir hier eine Steigerung der Elektronenzahl des äußeren Ringes von 1 bis 7, wenn die Edelgase selbst nicht mitgerechnet werden. Die Elektronenzahl entspricht den Gruppennummern I bis VII des periodischen Systems. Die Elemente einer solchen Reihe werden bekanntlich stets elektronegativer. Auch dies stimmt mit unserer Theorie überein.

Wir betrachten ein Element mit der Atomzahl Z. Es sei die Anzahl von Elektronen im äußeren Ringe p; die effektive Kernladung für den äußeren Ring wird dann angenähert $Z' = p$, und die Energie, welche gebraucht wird, um die p Elektronen von dem äußeren Ring zu entfernen, wird sein

$$W_p = p h R \frac{(p - S_p)^2}{\tau^2} \qquad 1)$$

oder durchschnittlich pro Elektron

$$w_p = \frac{W_p}{p} = h R \frac{(p - S_p)^2}{\tau^2}$$

wobei τ die Quantenzahl des Ringes bedeutet [1]).

Für das nächstfolgende Glied der Reihe wird entsprechend erhalten

$$w_{p+1} = \frac{W_{p+1}}{p+1} = h R \frac{(p + 1 - S_{p+1})^2}{\tau^2}.$$

Indem wir annehmen, daß die Quantenzahl aller äußeren Ringe innerhalb jeder Periode dieselbe ist, folgt

$$\frac{w_{p+1}}{w_p} = \frac{[p - (S_{p+1} - 1)]^2}{(p - S_p)^2}. \qquad 2)$$

[1]) Die Größen S_p, R und h haben dieselbe Bedeutung wie in der vorhergehenden Arbeit. Siehe auch P. Debye, Phys. ZS. 18, 276, 1917.

Digitized by Google

Da nun

$$S_{p+1} - 1 < S_p,$$

wird also

$$w_{p+1} > w_p. \qquad 3)$$

Dies sagt aus, daß die Elektronegativität mit zunehmender Atomnummer wächst [1]).

Wenn wir nun auf dieses Prinzip bauen, werden wir sehen, daß wir in natürlicher Weise zur Annahme eben solcher Ringsysteme geleitet werden, wie wir sie aus den Röntgenspektren haben berechnen können.

Bei den ersten Gliedern der Reihe bis Ne haben wir nur zwei Elektronen in dem inneren Ringsystem, bei Ne findet aber eine Änderung statt. Hier geschieht eine Umlagerung, mutmaßlich sehr eingreifender Art, die sich u. a. darin äußert, daß noch ein Elektron in den inneren Ring eintritt, und von Ne mit der Atomnummer 10 existiert ein Ring von drei Elektronen. Mit anderen Worten, von jetzt ab haben wir das Ringsystem des K-Spektrums. Das erste Element, bei welchen man die K-Reihe hat beobachten können, ist Na mit der Atomnummer 11. Wenn unsere Anschauung des Atombaues richtig ist, sollte Na oder möglicherweise das nächst vorhergehende Element (Ne) den Ausgangspunkt der K-Reihe bilden.

Wenn man die K-Reihe zu Elementen mit niedrigerer Atomzahl hat verfolgen können, ist der Grund also einfach darin zu suchen, daß die K-Reihe daselbst aufhört. Um das Ne-System mit einem inneren Ring von drei und einem äußeren Ring von sieben Elektronen wird dann die folgende Periode gebildet, mit wachsender Elektronenzahl des äußeren Ringes von 1 bis 8. Der äußere Ring des Ne von sieben Elektronen wird auf diese Weise für die folgenden Systeme erhalten, und bildet die Grundlage des inneren L-Ringes, und wir sehen so, daß wir auch auf diesem Wege zu der Annahme geleitet werden, daß der innere L-Ring aus sieben Elektronen bestehe.

Bei Ar (18) haben wir drei Ringe von bzw. drei, sieben und acht Elektronen erhalten, und bei K (19) wird ein neuer Ring angelegt; von jetzt ab erhalten wir die beiden L-Ringe von sieben

[1]) Es wird angenommen, daß für die Elektronegativität die Größe W maßgebend ist.

Digitized by Google

bzw. acht Elektronen, wie wir sie aus den Röntgenspektren herleiteten.

Die Frage könnte sich nun erheben: wo hat die *L*-Strahlung ihren Anfang?

Man könnte natürlich antworten, daß dies bei Ar geschehen würde, woselbst ja die beiden *L*-Ringe gebildet sind. Allein dies ist doch nicht ohne weiteres gegeben; denn, damit man die *L*-Reihe erhalten soll, muß vorausgesetzt werden, daß die beiden *L*-Ringe als zweiquantige Ringe existieren. Es muß daher angenommen werden, daß bei den Edelgasen möglicherweise eine Umorientierung, vielleicht eine Art Kondensation, der äußeren Ringsysteme eintrete, von einer noch unbekannten Natur, und möglicherweise von einem Sprung der Quantenzahl begleitet.

Es mag daher auch möglich sein, daß die *L*-Reihe erst mit Kr (36) beginnt. Jedenfalls sollten wir aber sagen können, daß sie entweder bei Ar oder bei Kr ihren Anfang nimmt.

Die beiden langen Perioden von 18 Elementen von Ar bis Kr und von Kr bis X werden jede angenommen zur Bildung von zwei Ringen mit bzw. zehn und acht Elektronen Anlaß zu geben. Die Elementgruppen Fe, Co, Ni samt Ru, Rh, Pd und Os, Ir, Pt sind analog konstituiert, indem das erste Glied acht, das zweite neun und das dritte zehn Elektronen im äußeren Ring besitzt. Nach jeder der Gruppen beginnt neue Ringbildung mit stark elektropositiven, einwertigen Elementen. Hier geschieht also der Übergang zu einem neuen Elektronenkreis ohne ein Edelgas als Zwischenglied.

Der vierte Ring von zehn Elektronen sollte der innere Ring der *M*-Reihe sein. Mittels der Röntgenspektren fanden wir nun, daß der innere *M*-Ring neun bis zehn Elektronen haben und dreiquantig sein mußte. Mutmaßlich wird nun auch der folgende Ring von acht Elektronen der *M*-Reihe gehören und in diesem Falle dreiquantig sein. Es muß doch betont werden, daß diese Ringe nicht sogleich diejenigen Eigenschaften, die die *M*-Strahlung bedingen, zu erhalten brauchen, ehe sämtliche *M*-Ringe gebildet sind und ein Edelgas in der Reihe der Elemente überschritten ist. — Wenn der vierte und fünfte Ring allein der *M*-Strahlung gehören, sollte die eigentliche *M*-Strahlung bei oder unmittelbar nach Kr beginnen. Wenn dagegen auch die beiden nächsten Ringe der *M*-Reihe gehören, kann die *M*-Strahlung erst

Digitized by Google

bei X beginnen. Es scheint doch am wahrscheinlichsten, anzunehmen, daß der sechste und der siebente Ring einer N-Reihe gehören, welche dann vierquantig sein sollte, und die N-Strahlung sollte unmittelbar nach X eintreten.

Die lange Periode von 31 Elementen, welche zwischen Xenon und der Radiumemanation (Nt) liegt, ist dadurch ausgezeichnet, daß sie die sogenannten seltenen Erden enthält. Es scheint nun, als ob diejenige Auffassung, zu der wir geleitet sind, daß das Atom aus Ringsystemen mit zum Teil nach außen steigenden Quantenzahlen bestehe, in überaus einfacher Weise die Konstitution der seltenen Erden erklären kann. Unmittelbar nach X bei dem Element Cs fängt ein äußerer, mutmaßlich fünfquantiger Ring sich zu bilden an, und wir erhalten die Elemente Cs, Ba, La, Ce in normaler Reihenfolge mit bzw. ein, zwei, drei, vier Elektronen in dem äußeren Ringe; allein, wenn wir zu dem nächsten Element übergehen, werden die Elektronen aus diesem oder jenem Grunde mit niedrigerer Quantenzahl und daraus folgendem, kleinerem Radius des Elektronenringes[1]) aufgenommen. Der äußere Ring wird beibehalten, und die neu eintretenden Elektronen werden sozusagen von dem Atom verschluckt. Es entstehen also neue innere Ringe, und wir erhalten nicht wie früher einen Zubau der äußeren. Wenn die Quantenzahl eine Einheit sinkt, wird sich das Ringsystem der seltenen Erden unmittelbar innerhalb des äußersten bilden. Mit der hier gemachten Gruppierung der Metalle der seltenen Erden, wonach diese von Ce bis Ta gehen, werden in diesen Ringsystemen insgesamt 14 Elektronen vorhanden sein. Inwiefern sich diese in einem einzelnen oder in mehreren Ringen ordnen, muß vorläufig dahinstehen, — der Einfachheit halber habe ich einen einzigen Ring angenommen. Von Ta (73) fangen die Elektronen wieder an, in die äußeren Kreise einzutreten; das Atom ist jetzt gesättigt worden, und wir setzen nun den Bau wie früher weiter fort. Der Ring wächst, bis er bei Pt zehn Elektronen bekommt, und dann beginnt bei Au ein neuer, wahrscheinlich auch fünfquantiger Ring. Alsdann erhalten

---

[1]) Der Radius a ist durch den Ausdruck bestimmt

$$a = \frac{e^2 \tau^2}{2 h R (Z' - S_p)},$$

wobei Z' die effektive Kernladung, τ die Quantenzahl des Ringes bedeuten.

Digitized by Google

wir wie vorher einen Ring von acht Elektronen, welcher bei Ra Em abgeschlossen wird.

Da die chemischen Eigenschaften der Elemente wesentlich durch die äußeren Elektronenringe bedingt sind, und da die sämtlichen seltenen Erden bei der hier beschriebenen Anordnung der Elektronen denselben äußeren Ring erhalten, erklärt somit diese in einfacher Weise die nahe Verwandtschaft dieser Elemente.

Aus dem Ausdruck für die Energie, welche erforderlich ist, um die Elektronen von dem äußeren Ringe loszureißen (Gl. 1), sehen wir, daß diese dem Quadrat der Quantenzahl umgekehrt proportional ist. Da nun die Quantenzahl der äußeren Ringe mit wachsender Atomzahl zunimmt, sehen wir, daß die betrachtete Energiemenge bei chemisch verwandten Elementen mit steigender Atomnummer abnehmen muß. Hierdurch erklärt sich einfach, daß in derselben Elementengruppe die Atome bei höherer Atomnummer stets mehr elektropositiv werden. Die Leichtigkeit, womit das Quecksilber Elektronen abzugeben vermag, geht aus den Versuchen von Sir J. J. Thomson über positive Strahlen hervor[1]). Er hat gefunden, daß das Hg-Atom mit bis acht positiven Ladungen auftritt.

Das hier gefundene Atommodell ist auch dazu geeignet, auf die Variation des elektrischen Leitungsvermögens Licht zu werfen. Nehmen wir z. B. eine Reihe von Elementen innerhalb der zwei ersten Perioden. Gehen wir von Li oder Na nach oben, wird die Anzahl von Elektronen in dem äußeren Kreise bei jedem Schritte vorwärts in der Reihe mit einem zunehmen; gleichzeitig nimmt diejenige Energie, welche notwendig ist, um die Elektronen des äußeren Ringes zu entfernen, zu. Da nun der Stoff um so leichter leiten muß, je lockerer die Elektronen gebunden sind, so sehen wir, daß das Leitungsvermögen der derselben Periode angehörigen Elemente mit wachsender Atomnummer abnehmen soll. Gleichfalls sollten wir eine Abnahme der Leitungsfähigkeit von K bis Ni, von Rb bis Pd erwarten, und dies ist mit den tatsächlichen Verhältnissen in Übereinstimmung. Bei den Elementen Ni, Pd und Pt beginnen neue Ringe, die eine plötzliche Verminderung der Elektronenaffinität bezeichnen, wonach wieder das Leitungsvermögen mit steigender Anzahl von Elektronen in

[1]) Sir J. J. Thomson, Rays of Positive Electricity, 1913.

Digitized by Google

dem äußeren Ringe abnehmen muß. Wir sollen also bei Cu, Ag und Au eine plötzliche Steigerung des Leitungsvermögens erhalten mit darauf folgender Verminderung, bis ein neuer Ring gebildet wird.

Wir sehen so, daß der angegebene Atombau im ganzen eine einfache Erklärung der Variation des elektrischen Leitungsvermögens [1]) liefern kann.

Das hier aufgestellte System der Elektronenanordnung der Elemente kann nicht, selbst was die innersten Ringe betrifft, als gänzlich aus einem einfachen dynamischen Prinzip hergeleitet betrachtet werden. Denn wenn auch die Quantenhypothese zu Hilfe genommen wird, wird die Bestimmung nicht eindeutig. Bei den früheren fundamentalen Untersuchungen von Bohr [2]) über die Konstitution des Atoms ist eine mögliche Eindeutigkeit (Stabilität) durch Aufstellung des Prinzips von der Einquantigkeit aller Ringe des normalen Atoms gesichert. Wie wir gesehen haben, muß indessen diese Forderung aufgegeben werden. Was bei jedem System die einzige stabile Konfiguration bestimmt, wissen wir noch nicht. Um den Gedanken zu fixieren, können wir sagen, daß wir nicht diejenigen allgemeinen Prinzipien kennen, welche bewirken, daß die stabilste Anordnung einen innersten einquantigen Ring von drei und zwei darauf folgende zweiquantigen Ringen von sieben bzw. acht Elektronen gibt.

Das gegenseitige Verhältnis zwischen dem positiven Kern und den Elektronen bedingt gewisse Kräfterelationen, deren Natur und Wirkungsart wir noch nicht kennen.

---

[1]) Mit Rücksicht auf die Variation des Leitungsvermögens siehe: C. Benedicks, Jahrb. d. Rad. u. Elektronik **13**, 362, 1916. Es stellt sich heraus, daß die hier abgeleitete Variation des Leitungsvermögens am besten mit der Variation der von Benedicks eingeführten Leitungskapazität übereinstimmt.

[2]) N. Bohr, Phil. Mag. (6) **26**, 476, 1913.

Digitized by Google

Digitized by Google

Mitgliederliste

der

Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

Im Jahre 1917 verlor die Gesellschaft durch den Tod:

R. Fuess, Dr. H. Lehmann, Prof. Dr. E. Pringsheim, Dr. Walther Radeboldt, Dr. L. Rellstab, Prof. Dr. E. Richter, Oberlehrer Heinrich Schmidt, Alexander v. Schütz, M. Freiherr v. Seherr-Thoss, Prof. Dr. M. v. Smoluchowski.

Am Ende des Jahres 1917 waren Mitglieder der Gesellschaft:

A. Ehrenmitglied.

1. Herr Prof. Dr. E. Warburg, Charlottenburg 2, Marchstraße 25 b.

B. Berliner Mitglieder.

2. Herr Prof. Dr. M. Abraham[1]), SO. 33, Köpenickerstraße 3, Hotel Lauck.
3. „ Dr. Egon Alberti, Halensee, Joachim-Friedrichstraße 47, z. Z. i. F.
4. „ E. Altenkirch, Fredersdorf (Ostbahn), Waldstraße 1.
5. „ Dr. F. S. Archenhold, Treptow, Sternwarte.
6. „ Dr. Max Arndt, Halensee, Friedrichsufer 16, z. Z. im Felde.
7. „ cand. phil. Hans Arons, z. Z. Vizewachtmeister i. Versuchstruppe der A. P. K. Friedrichshagen.
8. „ Dr. L. Arons, NW. 23, Brückenallee 3.
9. „ Dr. Hans Baerwald, SW. 11, Königgrätzerstraße 44.
10. „ Prof. Dr. Otto v. Baeyer, NW. 7, Reichstagsufer 7/8.
11. „ Dr. Karl Bangert, Charlottenburg 5, Königsweg 57.
12. „ Ingenieur Adrian Baumann, Siemensstadt, Kapellensteig 1.
13. „ W. Bechstein, S. 42, Prinzessinnenstraße 16.
14. „ Dr. Richard Becker, Wilmersdorf, Nassauischestraße 54/55.
15. „ Oberingenieur Dr. H. Beckmann, SW. 11, Askanischer Platz 3.
16. „ Dr. Hermann Behnken, Charlottenburg 2, Goethestraße 17, z. Z. i. F.
17. „ Reg.-Rat Dr. W. Bein, Wilmersdorf, Hildegardstraße 21.
18. „ Dr. Kurt Bennewitz, Charlottenburg 9, Fredericiastraße 5.
19. „ Dr. O. Berg, Schlachtensee, Heinrichstraße 7, z. Z. im Felde.
20. „ Dr. Fr. Bergter, Charlottenburg 1, Tegeler Weg 14.
21. „ Dr. A. Berliner, W. 35, Lützowstraße 63.
22. „ Prof. Dr. G. Berndt, Friedenau, Stubenrauchstraße 62.
23. „ Prof. Dr. O. Bernhard, W. 50, Rankestraße 33.
24. „ Ing. W. Biegon v. Czudnochowski, N. 113, Kuglerstraße 7.
25. „ Prof. Dr. E. Blasius, Charlottenburg 4, Schillerstraße 22.

---

[1]) Berlin ist in dem Verzeichnis weggelassen.

Digitized by Google

26. Herr Prof. A. Blümel, SO. 16, Melchiorstraße 22.
27. „ H. Boas, O. 27, Krautstraße 52.
28. „ Immanuel Böhm, N. 65, Lütticherstraße 37.
29. „ Prof. Dr. H. Böttger, Grunewald, Trabenerstraße 21.
30. „ Prof. Dr. H. du Bois, NW. 40, Herwarthstraße 4.
31. „ Dr. E. Bollé, Charlottenburg 2, Fraunhoferstraße 17.
32. „ Dr. Bruno Borchardt, Charlottenburg 5, Saldernstraße 2.
33. „ Prof. Dr. M. Born, Grunewald, Teplitzerstraße 5.
34. „ Prof. Dr. von dem Borne, C. 2, Neue Friedrichstraße 1.
35. „ Debendra M. Bose, z. Z. Charlottenburg 5, Kaiserdamm 117.
36. „ Dr. W. Bothe, z. Z. kriegsgefangen.
37. „ Dr. F. Bremer, Nikolassee (Wannseebahn), Villa Bremer.
38. „ Prof. Dr. E. Brodhun, Grunewald, Franzensbaderstraße 3.
39. „ Prof. Dr. E. Budde, W. 15, Ludwigskirchstraße 8.
40. „ Dr. Walter Burstyn, W. 30, Heilbronnerstraße 19.
41. „ Prof. Dr. A. Byk, Charlottenburg 4, Mommsenstraße 13.
42. „ Dr. P. Caspar, Oberschöneweide, Bismarckstraße 27.
43. „ H. Cassel, W. 15, Lietzenburgerstraße 17, z. Z. im Felde.
44. „ Prof. Dr. C. Cranz, Charlottenburg 2, Fasanenstraße 87.
45. „ Prof. Dr. Max Cremer, NW. 23, Klopstockstraße 21.
46. „ Dr. Ernst Dibbern, NW. 52, Paulstraße 12.
47. „ Dr. J. Disch, Charlottenburg 2, Werner-Siemensstraße 8/12, z. Z. i. F.
48. „ Prof. Dr. F. Dolezalek, Charlottenburg 5, Kuno-Fischerstraße 7.
49. „ Prof. Dr. B. Donath, W. 35, Am Karlsbad 2.
50. „ cand. phil. Walter Dziobek, Plötzensee, Militärversuchsamt.
51. „ Dr. A. Ebeling, Charlottenburg 5, Neue Kantstraße 3.
52. „ John Eggert, Halensee, Humboldtstraße 4.
53. „ Prof. Dr. A. Einstein, W. 30, Haberlandstraße 5.
54. „ Reg.-Baumeister Dr. Kurt Eisenmann, N. 24, Friedrichstraße 130.
55. „ cand. phil. Victor Engelhardt, N. 4, Invalidenstraße 42.
56. „ Dr. Josef Engl, Grunewald, Orberstraße 17.
57. „ Dr. Emil Everling, Cöpenick, Lindenstraße 10.
58. „ Dr. Heinrich Fassbender, Charlottenburg 2, Techn. Hochschule.
59. „ Dr. W. Felgentraeger, Charlottenburg 2, Werner-Siemensstr. 27/28.
60. „ Dr. Heinrich Finger, Charlottenburg 1, Königin-Luisestraße 13.
61. „ Dr. C. Fischer, NW. 21, Bochumerstraße 18.
62. „ Dr. Kuno Fischer, Charlottenburg 1, Nonnendamm, Kabelwerk.
63. „ Prof. Dr. James Franck, Charlottenburg 9, Akazienallee 32, z. Z. i. F.
64. „ Dr. A. Franke, Grunewald, Brahmsstraße 15.
65. „ Prof. Dr. Chr. Füchtbauer, Schöneb., Iluk-Sektion III (Wetterdienst).
66. „ Dr. Robert Fürstenau, W 35, Kurfürstenstraße 146.
67. „ Wiss. Hilfslehrer Friedrich Gebhardt, N. 31, Wattstraße 14.
68. „ Dr. Georg Gehlhoff, Friedenau, Ortrudstraße 33.
69. „ Dr. Paul Gehne, z. Z. im Felde.
70. „ Prof. Dr. E. Gehrcke, Charlottenburg 9, Fredericiastraße 12.
71. „ Dr. A. Gehrts, Schöneberg, Gustav-Müllerstraße 6.
72. „ Dr. Friedr. Gehrts, N. 4, Invalidenstraße 42, z. Z. im Felde.

Digitized by Google

73. Herr Prof. Dr. H. Geiger, Charlottenburg 5, Königsweg 28, z. Z. i. F.
74. „ Prof. Dr. H. Gerdien, Grunewald, Franzenbaderstraße 5.
75. „ cand. phil. F. A. Giacomini, Charlottenburg 4, Kaiser-Friedrichstr. 39.
76. „ Dr. Erich Giebe, Charlottenburg 5, Schloßstraße 7/8, z. Z. i. F.
77. „ Dr. L. C. Glaser, SW. 68, Lindenstraße 99, z. Z. im Felde.
78. „ cand. phil. Erich Goens, C. 2, Neue Friedrichstraße 46, z. Z. i. F.
79. „ Prof. Dr. F. Göpel, Charlottenburg 2, Knesebeckstraße 22.
80. „ Prof. Dr. E. Goldstein, W. 50, Bambergerstraße 6.
81. „ Dr. A. Gradenwitz, Friedenau, Goßlerstraße 20.
82. „ Prof. Dr. E. Grüneisen, Charlottenburg 1, Berlinerstraße 49.
83. „ Prof. Dr. L. Grunmach, Wilmersdorf, Tübingerstraße 4.
84. „ Ingenieur Dr. G. Gruschke, Wilmersdorf, Hildegardstraße 24.
85. „ Dr. Paul Günther, Jungfernheide, Militärversuchsamt.
86. „ Prof. Dr. E. Gumlich, Charlottenburg 2, Knesebeckstraße 85.
87. „ Prof. Dr. F. Haber, Lichterfelde 3, Faradayweg 8.
88. „ W. Haensch, S. 42, Prinzessinnenstraße 16.
89. „ Prof. Dr. E. Haentzschel, Halensee, Johann-Georgstraße 20.
90. „ Prof. Dr. E. Hagen, Charlottenburg 2, Werner-Siemensstraße 7.
91. „ Prof. H. Hahn, Halensee, Nestorstraße 14.
92. „ Prof. Dr. O. Hahn, Lichterfelde 3, Ladenbergstraße 5, z. Z. i. F.
93. „ Dr. Werner Haken, NW. 23, Lessingstraße 37, z. Z. im Felde.
94. „ stud. phil. Wilhelm Hartwig, NO. 18, Thornerstraße 62, z. Z. i. F.
95. „ Dr. Wilhelm Hausser, SW. 61, Teltowerstraße 38 a.
96. „ Theodor Heele, O. 34, Zorndorferstraße 50.
97. „ Dr. L. Heis, Adlershof, Bismarckstraße 48.
98. „ Prof. Dr. G. Hellmann, W. 35, Schönebergerufer 48.
99. „ Oberlehrer Paul Henckel, Friedenau, Stierstraße 20.
100. „ Prof. Dr. Fr. Henning, Lichterfelde 3, Tulpenstraße 5.
101. „ Dr. Erich Henschke, Halensee, Markgraf-Albrechtstraße 5.
102. „ Dr. Karl Herrmann, Charlottenburg 4, Goethepark 20, z. Z. i. F.
103. „ Dr. G. Hertz, NW. 7, Reichstagsufer 7/8.
104. „ cand. phil. Gerh. Hettner, Charlottenburg 5, Witzlebenstraße 3 1.
105. „ Dr. W. Heuse, Lichterfelde 3, Im schwarzen Grund 14.
106. „ Prof. Dr. R. Heyne, W. 57, Zietenstraße 3.
107. „ Dr. Erich Höhne, Wilmersdorf, Hildegardstraße 24.
108. „ Prof. Dr. vom Hofe, Lichterfelde, Baselerstraße 4.
109. „ Dr. Christ. von Hofe, Zehlendorf (Wannseebahn), Parkstraße 3.
110. „ Prof. Dr. Fr. Hoffmann, Charlottenburg 5, Königsweg 29.
111. „ Prof. Dr. L. Holborn, Charlottenburg 5, Friedrich-Karlplatz 17.
112. „ Prof. Dr. D. Holde, Wilmersdorf, Rüdesheimerplatz 7.
113. „ Oberlehrer Dr. K. Hollefreund, SW. 61, Großbeerenstraße 83.
114. „ Dr. L. Hopf, Cöpenick, Gutenbergstraße 30.
115. „ cand. phil. W. Hüttemann, S. 59, Müllenhoffstraße 6, z. Z. im Felde.
116. „ Dr. Erich F. Huth, W. 30, Landshuterstraße 9.
117. „ Dr. M. Iklé, Zehlendorf (Wannseebahn), Milinowskistraße 31.
118. „ Dr. Alfred Jachan, Frohnau, Mark, Rüdesheimerstraße 1.
119. „ Prof. Dr. W. Jaeger, Friedenau, Lauterstraße 38.

Digitized by Google

120. Herr Prof. Dr. E. Jahnke, W. 15, Darmstädterstraße 9.
121. „ Prof. Dr. Max Jakob, Charlottenburg 9, Kastanienallee 27.
122. „ Dr. Ludwig Janicki, Charlottenburg 1, Tegelerweg 4, z. Z. i. F.
123. „ Dr. F. Jentzsch, Charlottenburg 4, Droysenstraße 7.
124. „ Hans S. Joachim, SW. 11, Dessauerstraße 8.
125. „ Dr. Hans Jordan, Karlshorst, Dorotheastraße 26.
126. „ Prof. Dr. G. Just, W. 62, Lützowufer 38.
127. „ Prof. Dr. S. Kalischer, W. 15, Konstanzerstraße 1.
128. „ Prof. Dr. Franz Kiebitz, Steglitz, Sedanstraße 2.
129. „ Prof. O. Kiewel, Nikolassee, Prinz-Friedrich-Leopoldstraße 26.
130. „ Dr. Albert Klages, Charlottenburg 2, Goethestraße 66, z. Z. i. F.
131. „ cand. phil. H. Klewe, Pankow, Mendelstraße 47.
132. „ Dr. Paul Knipping, Charlottenburg 4, Gervinusstraße 25.
133. „ cand. phil. H. Kochan, W. 8, Wilhelmstraße 64, z. Z. im Felde.
134. „ cand. phys. Fritz Köhler, Charlottenburg 2, Grolmannstr. 53/54.
135. „ Dr. A. Koepsel, Friedenau, Kaiserallee 99/100.
136. „ Prof. Oberlehrer M. Koppe, N. 65, Seestraße 43.
137. „ Prof. Dr. A. Korn, Charlottenburg 4, Schlüterstraße 25.
138. „ Dr. H. Kreusler, Friedenau, Wilhelmshöherstraße 4.
139. „ Prof. Dr. O. Krigar-Menzel, Steglitz, Peter-Lennéstraße.
140. „ Prof. Dr. H. A. Krüss, W. 8, Wilhelmstraße 68, z. Z. im Felde.
141. „ Prof. Dr. F. Kurlbaum, Steglitz, Peter-Lennéstraße 32.
142. „ Walter Kutzner, NW. 52, Alt-Moabit 14, z. Z. im Felde.
143. „ Prof. Dr. R. Ladenburg, Wilmersdorf, Prinz-Regentenstraße 94.
144. „ Dr. Ernst Lamla, S. 42, Gitschinerstraße 79, z. Z. im Felde.
145. „ Prof. Dr. E. Lampe, W. 15, Fasanenstraße 64.
146. „ Dr. G. Langbein, Charlottenburg 5, Schloßstraße 11, z. Z. i. F.
147. „ Dr. E. Lehmann, Charlottenburg 2, Carmerstraße 6.
148. „ Dr. R. Lehnhardt, Friedenau, Laubacherstraße 20.
149. „ Ing. Egbert v. Lepel, Wilmersdorf, Weimarischestraße 4, z. Z. i. F.
150. „ Ingenieur Otto Leppin, SO. 16, Engelufer 17, z. Z. im Felde.
151. „ Dr. E. Less, NW. 23, Bachstraße 3.
152. „ Dr. A. Lessing, Charlottenburg 9, Kaiserdamm 77.
153. „ Prof. Dr. L. Levy, W. 57, Potsdamerstraße 73a.
154. „ Dr. Erik Liebreich, NW. 40, Kronprinzenufer 30.
155. „ Dr. Otto Liesche, Lichterfelde 3, Steglitzerstraße 19.
156. „ Dr. F. A. Lindemann, NW. 7, Bunsenstraße 1.
157. „ Oberlehrer Werner Loest, Neukölln, Bergstraße 112, z. Z. i. F.
158. „ C. Lorenz, Aktiengesellschaft, SO. 26, Elisabethufer 5/6.
159. „ Dr. Karl Lübben, W. 9, Königgrätzerstraße 20, z. Z. im Felde.
160. „ F. Lüschen, Südende, Berlinerstraße 14a, z. Z. im Felde.
161. „ Reg.-Rat Dr. K. Luyken, Schöneberg, Am Park 18.
162. „ cand. phil. Otto Maas.
163. „ Dr. A. Mahlke, Charlottenburg 2, Schlüterstraße 69.
164. „ Prof. Dr. F. F. Martens, NW. 87, Tile-Wardenbergstr. 19, z. Z. i. F.
165. „ Dr. Werner Mecklenburg, Lichterfelde 3, Unter den Eichen 84b.
166. „ Dr. W. Meissner, Charlottenburg 9, Nußbaumallee 15.

Digitized by Google

167. Frl. Dr. Lise Meitner, Lichterfelde 3, Zietenstraße 15.
168. Herr Oberlehrer Dr. W. Mendelssohn, Straußberg, Wilhelmstraße 14.
169. „ Kapitän z. See a. D. A. Mensing, W. 62, Kurfürstenstraße 99.
170. „ Dr. Karl Mey, NW. 87, Solingerstraße 3.
171. „ Dr. Alfred Meyer, NO. 55, Raabestraße 7.
172. „ Geh. Reg.-Rat Dr. Ernst Meyer, Friedenau, Kaiserallee 133.
173. „ Prof. Dr. R. J. Meyer, W. 15, Meinekestraße 8.
174. „ Theodor Meyer, W. 10, Von der Heydtstraße 17.
175. „ Dr. Ulfilas Meyer, Lichterfelde 1, Hobrechtstraße 18.
176. „ Prof. Dr. C. Michaelis, Potsdam, Schützenplatz 1a.
177. „ Prof. Dr. Miethe, Halensee, Halberstädterstraße 7.
178. „ Dr. Guido Moeller, NW. 51, Calvinstraße 8.
179. „ Dr. H. G. Möller, SO. 33, Treptower Chaussee 9.
180. „ stud. rer. nat. Kurt Möller, Friedenau, Illstraße 1.
181. „ Dr. Carl Müller, Charlottenburg 9, Soorstraße 39.
182. „ Dipl.-Ing. Friedr. Müller, W. 50, Augsburgerstraße 39.
183. „ Dr. R. Nahrwold, C. 19, Niederwallstraße 12.
184. „ Prof. Dr. Fr. Neesen, W. 50, Ansbacherstraße 31.
185. „ Prof. Dr. W. Nernst, W. 35, Am Karlsbad 26a.
186. „ Chefingenieur Joh. Nienhold, NW. 21, Emdenerstraße 26.
187. „ Dr. Fritz Noether, W. 50, Spichernstraße 3.
188. „ Dr. E. Oettinger, Charlottenburg 2, Carmerstraße 17.
189. „ Prof. Dr. Hans Opitz, SW. 48, Wilhelmstraße 143.
190. „ Prof. Dr. E. Orlich, Zehlendorf (Wannseebahn), Dallwitzstraße 24.
191. „ Oberlehrer Max Paradies, NW. 21, Dortmunderstraße 4.
192. „ Dr. Kurt Petrow, z. Z. im Felde.
193. „ Prof. Dr. J. Petzoldt, Spandau, Wröhmännerstraße 6.
194. „ Prof. Dr. R. Pictet, Wilmersdorf, Hildegardstraße 12a.
195. „ Dr. Viktor Pieck, Tempelhof, Richnowstraße 2.
196. „ Dr. J. Pinsker, Charlottenburg 4.
197. „ Dr. M. Pirani, Wilmersd., Hohenzollernd. 198, z. Z. Kiel, Kirchenstr. 3.
198. „ Prof. Dr. M. Planck, Grunewald, Wangenheimstraße 21.
199. „ Dr. E. Podszus, Neukölln, Schwarzastraße 1.
200. „ Prof. Dr. Robert Pohl, NW. 7, Reichstagsufer 7/8.
201. „ Prof. Dr. F. Poske, Lichterfelde 3, Friedbergstraße 5.
202. „ Dr. P. Pringsheim, W. 35, Lützowstraße 63, z. Z. kriegsgefangen.
203. Frl. Gabr. Rabel, NW 6, Charitéstraße 9.
204. Herr Prof. Dr. A. Raps, Charlottenburg 9, Ulmenallee 14.
205. „ Prof. Dr. Erich Regener, Charlottenburg 2, Hertzstraße 6.
206. „ Dr. Fritz Reich, NW. 7, Dorotheenstraße 53.
207. „ Dr. Fritz Reiche, W. 10, Friedrich-Wilhelmstraße 20.
208. „ Prof. Dr. O. Reichel, O. 17, Fruchtstraße 3.
209. „ Prof. Dr.-Ing. W. Reichel, Lankwitz, Beethovenstraße 14.
210. „ Prof. Dr. O. Reichenheim, Wannsee, Friedrich-Karlstraße 19.
211. „ Ingenieur Eugen Reiss, SO. 33, Moosdorfstraße 13.
212. „ Prof. Dr.-Ing. H. Reissner, Charlottenburg 9, Ortelsburgallee 2.
213. „ Ingenieur G. Reuthe.

Digitized by Google

214. Herr Dr. F. Ritter, Charlottenburg 2, Fraunhoferstraße 15.
215. „ Dr. M. Robitzsch, Lindenberg, Kr. Beeskow, Aeronaut. Observat.
216. „ Dr.-Ing. W. Rogowski, Charlottenburg 2, Werner-Siemensstr. 8/12.
217. „ Dr. H. Rosenthal, W. 30, Stübbenstraße 3.
218. „ Prof. Dr. Rudolf Rothe, Wilmersdorf, Trautenaustraße 16.
219. „ Dr. K. Rottgardt, Lichterfelde 3, Manteuffelstraße 23a.
220. „ Oberingenieur A. Rotth, W. 35, Magdeburgerstraße 22.
221. „ Prof. Dr. H. Rubens, NW. 7, Neue Wilhelmstraße 16.
222. „ Dr.-Ing. Rümelin, Zehlendorf, Cecilienstraße 24.
223. „ Dr. H. Rukop, SW. 11, Möckernstraße 119.
224. „ Dr. Hans Salinger, W. 62, Kleiststraße 31.
225. „ Prof. Dr. Karl Scheel, Lichterfelde 3, Werderstraße 28.
226. „ Prof. Dr. W. Schepfer, Wilmersdorf, Rüdesheimerplatz 11.
227. „ Prof. Dr. E. Schenck, Charlottenburg 2, Schillerstraße 111.
228. „ Dr. H. Schering, Charlottenburg 1, Osnabrückerstraße 17.
229. „ Dr. Hans Schimank, Schöneberg, Vorbergstraße 8.
230. „ cand. phil. Schleede, Weißensee, Streustraße 125, z. Z. im Felde.
231. „ Prof. Dr. A. Schmidt, Potsdam, Telegraphenberg.
232. „ Reg.-Rat Dr. Erich Schmidt, W. 15, Kurfürstendamm 58.
233. „ Dr. Rudolf Schmidt, Friedenau, Wiesbadenerstraße 84, z. Z. i. F.
234. „ Oberlehrer Erich Schneeweiss, Potsdam, Waldemarstraße 22.
235. Frl. Ilse Schneider, W. 10, Dörnbergstraße 6.
236. Herr Prof. Dr. O. Schönrock, NW. 87, Jagowstraße 10.
237. „ Prof. Dr. P. Scholz, Steglitz, Fichtestraße 34.
238. „ Dr. R. Scholz, Charlottenburg 1, Scharrenstraße 39.
239. „ Dr. Schotte, W. 57, Elßholzstraße 3.
240. „ Dr. Walter Schottky, Charlottenburg 1, Schulstraße 1.
241. „ Dr. Julius Schünemann, Spandau, Pichelsdorferstraße 12.
242. „ Dr. Hans Schulz, Lichterfelde 1, Großbeerenstraße 13, z. Z. i. F.
243. „ Dr. Alfred Schulze, Charlottenburg 4, Pestalozzistr. 99a, z. Z. i. F.
244. „ Oberlehrer Wilhelm Schulze, O. 112, Simon-Dachstr. 34, z. Z. i. F.
245. „ Prof. Dr. G. Schwalbe, Zehlendorf (Wannseebahn), Riemeisterstr. 7.
246. „ Prof. Dr. W. Schweydar, Potsdam, Leipzigerstraße 16.
247. „ Dr. Bruno Seegert, Charlottenburg 5, Königsweg 55.
248. „ Dr. R. Seeliger, Charlottenburg 2, Schlüterstraße 16.
249. „ Oberlehrer Dr. A. Seemiller, N. 65, Ostenderstraße 3.
250. „ Dr. Georg Seibt, Schöneberg, Hauptstraße 9.
251. „ Dr. Hermann v. Siemens, Siemensstadt.
252. „ Geh. Reg.-Rat Dr. Wilh. v. Siemens, Siemensstadt, Verwalt.-Geb.
253. „ Dr. F. Skaupy, O. 17, Rotherstraße 1.
254. „ Dr. Smekal, W. 30, Nollendorfstraße 29/30.
255. „ Dr. Theodor Sonnenschein, NW. 21, Alt-Moabit 104.
256. „ Oberlehrer Dr. Herm. Spohn, NW. 87, Elberfelderstraße 35.
257. „ Verlagsbuchhändler Ferd. Springer, W. 9, Linkstraße 23/24.
258. „ Dr. W. Starck, Friedenau, Südwest-Corso 6.
259. „ Hugo Stautmeister, Charlottenburg 2, Schlüterstraße 5.
260. „ Dr. Wilh. Steinhaus, Charlottenb. 2, Werner-Siemensstr. 7, z. Z. i. F.

Digitized by Google

261. Herr Prof. Dr. H. v. Steinwehr, Lichterfelde 3, Manteuffelstr. 2, z. Z. i. F.
262. „ Oberlehrer Stoffregen, Karlshorst, Krausestraße 29.
263. „ Prof. Dr. K. Strecker, W. 62, Burggrafenstraße 15.
264. „ Dr. F. Stumpf, W. 50, Augsburgerstr. 45, z. Z. Kiel, Hospitalstr. 21.
265. „ Prof. Dr. R. Süring, Potsdam, Meteorolog. Observatorium.
266. „ Ingenieur Richard Swinne, NW. 21, Rathenowerstraße 69.
267. „ Dr. G. Szivessy, S. 61, Wilmsstraße 2.
268. „ Dr. Bruno Thieme, Wilmersdorf, Mannheimerstraße 52.
269. „ Prof. Dr. M. Thiesen, Friedrichshagen, Ahornallee 10.
270. „ Ingenieur Dr. E. Thürmel, Charlottenburg 5, Danckelmannstr. 36.
271. „ Dr. Erich Tiede, SW. 29, Belle-Alliancestraße 40.
272. „ Prof. Dr. I. Traube, Charlottenburg 5, Schloßstraße 29.
273. Frl. stud. phil. W. Trendelenburg, NW. 6, Albrechtstraße 26.
274. Herr Dr. Aug. Uhrig, NO. 18, Virchowstraße 8.
275. „ Dr. W. Volkmann, Steglitz, Humboldtstraße 20.
276. „ Dr. M. Vos, Wilmersdorf, Jenaischestraße 23.
277. „ Dr. Curt Wachtel, O. 18, Gr. Frankfurterstr. 32.
278. „ Prof. Dr. K. W. Wagner, Lankwitz, Luisenstraße 1.
279. „ Geh. Reg.-Rat Dr. C. L. Weber, Lichterfelde 3, Fontanestr. 17.
280. „ Prof. Dr. W. Wedding, Lichterfelde 1, Wilhelmstraße 2.
281. „ Prof. Dr. A. Wehnelt, Friedenau, Fregestraße 26.
282. „ Dr. Franz Weidert, Lichterfelde 3, Potsdamerstraße 32.
283. „ Prof. Dr. B. Weinstein, Charlottenburg 5, Lietzenufer 2a.
284. „ Dr. E. Weiss, Charlottenburg 4, Gervinusstraße 16.
285. „ Dr. A. Werner. Schmargendorf, Breitestraße 46.
286. „ Dr. Wernicke, W. 15, Uhlandstraße 32.
287. „ Dr. Wilhelm Westphal, Zehlendorf, Alsenstraße 121.
288. „ Dr. A. Wetthauer, Halensee, Georg-Wilhelmstraße 5.
289. „ Dr. H. Wiesent, W. 30, Motzstraße 92.
290. „ Prof. Dr. J. Wilsing, Potsdam, Astrophys. Observatorium.
291. „ Prof. Dr. J. Winzer, Lichterfelde 1, Gerichtsstraße 11.
292. „ Prof. Dr. R. Wurtzel, Charlottenburg 1, Königin-Luisestraße 18.
293. „ Dr. G. Zickner, Charlottenburg 4, Bismarckstraße 23.
294. „ Ing. Dr. phil. Hans Zöllich, Charlottenburg 9, Spandauerberg 6.
295. „ Oberlehrer Dr. W. Zorn, Friedenau, Rubensstraße 16.
296. Kgl. Preuß. Militärversuchsamt, Berlin-Jungfernheide (Post Plötzensee).
297. Elektrotechnischer Verein, SW. 11, Königgrätzerstraße 106.
298. Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, SW. 61, Tempelhoferufer 9.
299. Deutsche Gasglühlicht-Aktiengesellschaft (Auergesellschaft), Direktor H. Remané, O. 17, Rotherstraße 8/12.

C. Auswärtige Mitglieder.

300. Herr Dr. A. Ackermann-Teubner, Leipzig, Poststraße 3.
301. „ Prof. Christ. Allacz, Czernowitz, Emineskugasse 11.
302. „ Dr. Hans Alterthum, Jena, Forstweg 14.
303. „ Dr. M. Altschul, Zürich 8, Florastraße 56.

Digitized by Google

304. Herr Dr. Richard Ambronn, Göttingen, Sternwarte, z. Z. im Felde.
305. „ Dr. Ernst von Angerer, München 23, Victor-Scheffelstraße 20.
306. „ Prof. Dr. R. Assmann, Gießen, Goethestraße 30.
307. „ Prof. Dr. F. Auerbach, Jena.
308. „ Frhr. Dr. Otto von und zu Aufsess, München 4, Barerstraße 46.
309. „ Prof. Dr. L. Austin, Washington, Bureau of Standards.
310. „ Dr. Ernst Back, Tübingen, Physik. Institut.
311. Frl. Dr. Eva von Bahr, Uppsala, Schweden, Universität.
312. Herr Dr. Erich Baisch, Würzburg, Schönleinstraße 4.
313. „ Prof. Dr. E. C. C. Baly, Liverpool, Browlow Street, Chem. Lab.
314. „ Dipl.-Ing. F. Banneitz, Kiel, Annenstraße 52.
315. „ Sydney G. Barker.
316. „ Prof. Dr. H. Barkhausen, Kiel, Lindenallee 19.
317. „ Prof. Dr. August Becker, Heidelberg, Bergstraße 70.
318. „ Dr. B. Beckman, Uppsala, Schweden, F. Vretgatan 10.
319. „ Prof. Dr. Hans Benndorf, Graz, Universität.
320. „ cand. phil. Ludwig Berenyi, Budapest III, Lukacs u. 4.
321. „ Prof. Dr. K. Bergwitz, Braunschweig, Altewiekring 65.
322. „ Prof. Dr. Arciero Bernini, Pavia, Istituto tecnico.
323. „ Prof. Dr. A. L. Bernoulli, Basel, Spalentorweg 53.
324. „ Dr. R. Bernoulli, Cöln, Brüderstraße 7.
325. „ Dr. G. Berthold, Ronsdorf.
326. „ Prof. Dr. A. Bestelmeyer, Göttingen, Sternstraße 8.
327. „ Dr. Willi Bieber, Wiesbaden, Oranienstraße 19.
328. „ Dr. Victor Biernacki.
329. „ Prof. Dr. Niels Bjerrum, Kopenhagen, Strandvej 35.
330. „ Dr. J. H. van der Bijl, New York 54, Morgningside Drive.
331. „ Dr. Birnbaum, Kiel, Schwanenweg 27.
332. „ Prof. Dr. Max Bodenstein, Hannover, Ellernstraße 6a.
333. „ Dr. Niels Bohr, Kopenhagen, Stockholmsgade 31.
334. „ Dr. Ottavio Bonazzi, Pisa, Istituto di Fisica.
335. „ Dr. H. Borchardt, Kiel, Physik. Institut, Kirchenstr. 9, z. Z. i. F.
336. „ Dipl.-Ing. Philipp Borchardt, Ludwigshafen, Hanserstraße 3b.
337. Frau Prof. Margrete Bose, Solln bei München, Hirschenstraße 24.
338. Herr stud. phil. Carl Braband, Heidelberg, Anlage 51a.
339. „ Prof. W. H. Bragg, Leeds, England, Universität.
340. „ Prof. Dr. F. Braun, Straßburg i. E., Physik. Institut d. Univ.
341. „ Prof. Dr. G. Bredig, Karlsruhe, Wendtstraße 19.
342. „ Dr. Giovanni Brentano, Zürich 7, Schweiz, Orellistraße 70.
343. „ Le Duc de Broglie, Paris, Rue Chateaubriand 29.
344. „ Prof. Dr. W. Brüsch, Lübeck, Körnerstraße 4.
345. „ Prof. Dr. H. Bruns, Leipzig, Sternwarte.
346. „ Dr. Eberhard Buchwald, Breslau, Hohenzollernstraße 105.
347. „ Oberlehrer Dr. W. Bürger, Elberfeld, Beethovenstraße 1.
348. „ Dr. Wilh. Burmeister, Siggelkow b. Parchim in Mecklenburg.
349. „ Dr. Hans Busch, Göttingen, Schillerstraße 20.
350. „ Prof. Dr. Roman Cegielskij, Wien XVIII, Plenergasse 3.

Digitized by Google

351. Herr Prof. Dr. Paul Cermak, Gießen, Liebigstraße 86.
352. „ Prof. Dr. O. Chwolson, St. Petersburg, Universität.
353. „ Prof. Dr. E. Cohn, Straßburg i. E., Orangeriering 17.
354. „ Dr. José Collo, La Plata, Argentinien, Physik. Institut.
355. „ Dr. Karl Czukor, Arad, Ungarn, Andrassyplatz 3, z. Z. kriegsgef.
356. „ Dr. A. Dahms, Leipzig-Schleussig, Könneritzstraße 24.
357. „ Dir. Dr. A. L. Day, Washington D. C., 3150 Highland Ave.
358. „ Prof. Dr. P. Debye, Göttingen, Friedländerweg 26.
359. „ Dr. Alfred v. Dechend, Heidelberg, Bergstraße 70.
360. „ Dr. H. v. Dechend, Freiburg i. B., Kybfelsenstraße 3.
361. „ Dr. Louis Dede.
362. „ Prof. Dr. H. Dember, Dresden-A. 27, Kaitzerstr. 151, z. Z. kriegsgef.
363. „ Dr. Otto Demmler, Kiel, Waitzstraße 28.
364. „ Prof. Dr. A. Denizot, Lemberg, Sykstuska 47.
365. „ Prof. Dr. B. Dessau, Charlottenburg, Leibnizstraße 57.
366. „ Dr. Friedrich Dessauer, Frankfurt a. M., Wildungerstraße 9.
367. „ Olaf Devik, Haldde Observatoriet, Kaafjord, Norwegen.
368. „ Dr. M. Dieckmann, Gräfelfing b. München.
369. „ Prof. Dr. H. Diesselhorst, Braunschweig, Technische Hochschule.
370. „ Prof. Dr. C. Dieterici, Kiel, Niemannsweg 78.
371. „ Prof. Dr. Drecker, Dorsten, Westfalen, Westwall 33.
372. „ Prof. Dr. Karl Drucker, Leipzig, Floßplatz 36.
373. „ Prof. Dr. Marcel Dufour, Nancy, Place de la Carrière 28.
374. „ Dr. Fritz Eckert, München 4, Ohmstraße 13.
375. „ Ing. Dr. Max Edelmann jr., München 4.
376. „ Prof. Dr. Felix Ehrenhaft, Wien, Boltzmanngasse 4.
377. „ Dr. Gustav Eichhorn, Zürich, Hauptpostfach 6123.
378. „ Prof. Dr. G. J. Elias, Delft, Holland, van Leeuwenhoeksingel 27.
379. „ Prof. Dr. J. Elster, Wolfenbüttel, Neuerweg 61a.
380. „ Prof. Dr. R. Emden, München, Habsburgerstraße 4.
381. „ Leutn. d. R. Medveczky Endre, Kassa, Ungarn, Erzsébat tér 14.
382. „ cand. phil. R. Engels, Kiel, Kirchenstraße 3.
383. „ Dr. P. Epstein, München, Krumbacherstraße 7.
384. „ Dr. Wilh. Escher, Hanau a. M., Gartenstraße 14.
385. „ Prof. Dr. A. Eucken, Schallmeßschule, Schießplatz Wahn b. Cöln a. Rh.
386. „ Prof. Dr. P. Eversheim, Bonn, Jagdweg 3.
387. „ Dr. P. P. Ewald, München, Ludwigstraße 17, z. Z. im Felde.
388. „ Prof. Dr. K. Fajans, München, Prinzregentenstraße 54.
389. „ Dr. G. Falkenberg, Rostock, Strandstraße 62.
390. „ stud. math. Andor Fenyvesi, Budapest, Dalnok u. 2/C.
391. „ Prof. Dr. Karl T. Fischer, München-Solln, Albrecht-Dürerstraße 1.
392. „ Ing. Joh. Florey, Gnaschwitz bei Bautzen, Post: Singwitz.
393. „ Prof. Dr. K. Fredenhagen, Leipzig, Ostplatz 5, z. Z. im Felde.
394. „ Dr. J. Friedländer, Zürich, Schweiz, Dolderstraße 90.
395. „ Prof. Dr. C. Fromme, Gießen, Bleichstraße 20.
396. „ Prof. Dr. W. Gaede, Freiburg i. Br., Phys. Inst. d. Univ.
397. „ Prof. Dr. R. Gans, La Plata, Argentinien, Instituto de fisica.

Digitized by Google

398. Herr Prof. Dr. H. Geitel, Wolfenbüttel, Neuerweg 61a.
399. „ Prof. Dr. Josef Ritter von Geitler, Wien IV, Karlsgasse 18.
400. „ Dr. Walter Gerlach, z. Z. Nürnberg, Vestnertorgraben 49.
401. „ Dr. Werner Germershausen, Leipzig, Eutritzscherstraße 14b.
402. „ Dr. Karl Glitscher, München, Schleißheimerstraße 43.
403. „ Dr. Konrad Goes, Augsburg, Wolframlampen-A.-G.
404. „ Prof. Dr. D. Goldhammer, Kasan, Universität.
405. „ Dr. Hans Goldschmidt, Wien 1, Rotenturmstraße 29.
406. „ Prof. Dr. L. Graetz, München, Friedrichstraße 26.
407. „ Prof. Dr. L. Grebe, Bonn, Colmantstraße 2.
408. „ Prof. Dr. Heinrich Greinacher, Zürich, Gladbachstraße 62.
409. „ Dr. G. Grossmann, Wien III, Apostelgasse 12 (Siemens & Halske).
410. „ Prof. Dr. O. Grotrian, Aachen, Vogelgasse 3.
411. „ Prof. Dr. Paul Gruner, Bern, Lindenrain 3.
412. „ Dr. S. Guggenheimer, Nürnberg, Schoppershofstraße 52.
413. „ Prof. Dr. K. E. Guthe, Ann Arbor, Mich., U.S.A., 725, New Jersey Av.
414. „ Dr. W. J. de Haas, Haarlem, Holland, Leidsche Vaart 80.
415. „ Dr. Fritz Hagemann, Plön, Holstein, Am Markt.
416. „ Prof. Dr. Aug. Hagenbach-Aman, Basel, Schönbeinstraße 38.
417. „ Prof. Dr. W. Hallwachs, Dresden-A. 14, Phys. Institut.
418. „ Dr. W. Hammer, Freiburg i. B., Im Grün 6.
419. „ Prof. E. A. Harrington, Worcester, Mass., U.S.A., Clark University.
420. „ Prof. Dr. Hartmann, Göttingen, Geismarlandstraße 15.
421. „ cand. phil. Alfred Hartmann, Aarau, Schweiz, Gartenstraße.
422. „ Dr. Rudolf Hase, Hannover, Josephstraße 26.
423. „ Prof. Dr. Georges Hatjidakis, Piräus, Griechenland.
424. „ Oberlehrer Dr. Erich Haupt, Neustettin, Stellterstraße 10.
425. „ Dr. Friedrich Hauser, Erlangen, Glückstraße 3.
426. „ Prof. H. Hausrath, Karlsruhe, Kaiserstraße 12.
427. „ Dr. Heinrich Hecht, Kiel, Signal-Ges., Habsburger Ring.
428. „ Prof. Georg Heinrich, Augsburg, Alexanderstraße 23.
429. „ Oberlehrer Dr. Karl Henrich, Kiel, Feldstraße 65.
430. „ Prof. Dr. Hergesell, Lindenberg, Mark, Kgl. Aeronautisches Obs.
431. „ Dr. Paul Hertz, Göttingen, Riemannstraße 34.
432. „ Prof. Dr. J. Herweg, Altdamm.
433. „ Dr. Otto Hess, Cassel, Kaiserplatz 31.
434. „ Dr. Fritz Heusler, Isabellenhütte b. Dillenburg.
435. „ Prof. Dr. A. Heydweiller, Rostock, Kaiser-Wilhelmstraße 2.
436. „ Dr. S. Hilpert, Mühlheim, Ruhr, Kaiser-Wilhelm-Institut.
437. „ Prof. Dr. F. Himstedt, Freiburg i. B., Goethestraße 8.
438. „ Dr. J. Hirsch, Frankfurt a.M., Oberer Atzener 7 (b. Eisenkraemer).
439. „ Dr. Rud. Frhr. v. Hirsch, Planegg b. München.
440. „ Georg Hirzel i. Fa. S. Hirzel, Verlagsbuchh., Leipzig, Königstr. 2.
441. „ Dr. E. Hochheim, Heidelberg-Schlierbach, Aue 10e.
442. „ Dr. Heinrich Hörig, Stuttgart, Ludwig Pfaustraße 19.
443. „ Dr. Gerhard Hoffmann, Königsberg i. Pr. 9, Goltzallee 20.
444. „ Dr. H. Hollnagel, Dorchester, Mass., U.S.A., Hamilton St. 186.

Digitized by Google

445. Herr Dr. G. Holtsmark, Kristiania, Thomas-Heftgesgade 47.
446. „ stud. phil. Rudolf Humm, Göttingen, Planckstraße 14.
447. „ Dr. Erich Hupka, z. Z. kriegsgefangen.
448. „ Prof. Dr. D. Hurmuzescu, Bukarest, Rumänien, 16 str. Cosma.
449. „ Anatol Ignatieff, Kasan.
450. „ Dr. W. v. Ignatowsky, Paris, Quai de Passy 24.
451. „ Oberlehrer Werner Immler, Elsfleth, Steinstraße 29a.
452. „ Prof. Dr. L. R. Ingersoll, Madison, Wisc., U. S. A., Universität.
453. „ Sim Janss, Ütersen bei Hamburg, z. Z. im Felde.
454. „ Oberingenieur Friedr. Janus, München, Mathildenstraße 13.
455. „ Prof. Dr. Alfred Kalähne, Oliva b. Danzig, Jahnstr. 8, z. Z. i. F.
456. „ Oberlehrer Dr. P. Kaltenbach, Rüstringen, Oldenburg, Spulstr. 97.
457. „ Prof. Dr. L. Kann, Wien XIX, Gymnasiumstraße 56.
458. „ Prof. Dr. W. Kaufmann, Königsberg i. Pr. 6, Adalbertstraße 25.
459. „ Prof. Dr. H. Kayser, Bonn, Humboldtstraße 2.
460. „ Dr. W. H. Keesom, Utrecht, Willem Barentzstraat 47.
461. „ Dr. H. Kellner, p. A. Bausch & Lomb, Opt. Co., Rochester, N.-Y., U.S.A.
462. „ Dr. J. J. Kern, Göttingen, Hainholzweg 12, z. Z. im Felde.
463. „ Assistent Fritz Keul, Klausenburg, Ungarn, Universität.
464. „ Leo v. Klecki, Warschau, Marszalkowskastraße 120.
465. „ Prof. Dr. F. Klein, Göttingen, Wilhelm-Weberstraße 3.
466. „ Dr. Fr. Klingelfuss, Basel.
467. „ Prof. Dr. E. Klupathy, Budapest IV, Muzeum-körút 6/8, II. Phys. Inst.
468. „ Prof. Dr. Osc. Knoblauch, München 4, Hiltensbergerstraße 36.
469. „ Dr. D. Knüttel, Baarn b. Utrecht, Villa Diana.
470. „ Prof. Dr. John Koch, Göteborg, Schweden.
471. „ Prof. Dr. K. R. v. Koch, Stuttgart, Physik. Inst. d. Techn. Hochschule.
472. „ Dr. P. P. Koch, München, Physik. Institut der Universität.
473. „ Dr. Adolf König, Karlsruhe, Techn. Hochschule.
474. „ Dr. Paul Pallme König, Steinschönau, Böhmen, Langestraße 154.
475. „ Prof. Dr. W. König, Gießen, Hofmannstraße 11.
476. „ Prof. Dr. J. Koenigsberger, Freiburg i. B., Erwinstraße 3.
477. „ Prof. Dr. W. Kohlrausch, Hannover, Nienburgerstraße 8.
478. Frl. Dr. Hedwig Kohn, Breslau, Phys. Inst. d. Univ., Kürassierstr.
479. Herr Dr. Karl Kohner, Budapest, Daganischgasse 20.
480. „ Dr. Werner Kolhörster, Schwiebus, Hallerstadt 15, z. Z. i. F.
481. „ Prof. Dr. H. Konen, Münster i. W., Bohlweg 50.
482. „ Dr. Walter Kossel, München 23, Gundelindenstr. 5, z. Z. Berlin.
483. „ Dr. Hans Kost, Elberfeld, Sadowastraße 9, z. Z. im Felde.
484. „ Dr. Fr. Kottler, Wien III/1, Streichergasse 4.
485. „ Prof. Dr. J. v. Kowalski, Warschau, b. Verwaltungschef d. Gen.-Gouv.
486. „ Dr. Kamill Kraft, Krakau, Bonerstraße 5.
487. „ Dr. E. Kretschmann, Königsberg i. Pr.-Amalienau, Adalbertstr. 15.
488. „ stud. phys. Jos. Krönert, Fürth, Amalienstr. 29, z. Z. Leutn. d. Res., Art.-Meßtrupp 67, Deutsche Feldpost 688.
489. „ Prof. Dr. Friedrich Krüger, Danzig-Langfuhr, Althofweg 5.
490. „ Prof. Dr. H. Krüss, Hamburg, Adolfsbrücke 7.

Digitized by Google

491. Herr Dr. W. Kunze, Bremen, Nordstraße 98.
492. „ Prof. Dr. Ayao Kuwaki, Kyushu, Japan, Imperial University.
493. „ Prof. Dr. Anton Lampa, Prag II 1594, Weinberggasse 3.
494. „ Dr. med. Bruno Landau, Wandlitz, Mark.
495. „ Prof. Dr. V. von Lang, Wien IX, Türkenstraße 3.
496. „ Prof. Dr. P. Lasarew, Moskau, Mertwyi Per. 20.
497. „ Prof. Dr. J. Laub, Buenos Aires, Bogotá 3155.
498. „ Prof. Dr. M. v. Laue, Frankfurt a. M. 1, Beethovenstraße 33.
499. „ Prof. Dr. E. Lecher, Wien IX/1, Boltzmanngasse.
500. „ Prof. Dr. E. L. Lederer, Weinberge b. Prag, D. Staatsgymn., z. Z. i. F.
501. „ Prof. Dr. O. Lehmann, Karlsruhe, Kaiserstraße 63.
502. „ Dr. Gotthelf Leimbach, Göttingen, Baurat-Gerberstraße 19.
503. „ Prof. Dr. R. Leiser, Wien VI, Mariahilferstr. 113, z. Z. im Felde.
504. „ Prof. Dr. G. Leithäuser, Hannover, Techn. Hochschule, z. Z. i. F.
505. „ Dr. Ernst Leitz, Wetzlar.
506. „ Prof. Dr. Ph. Lenard, Heidelberg, Neue Schloßstraße 7a.
507. „ Dr. Wilhelm Lenz, München, Inst. f. theor. Phys., z. Z. Bayer. Komm. d. F.-T.-Überwachung, Feldpoststation 406.
508. „ Georg Levinthal (Berlin W. 30, Barbarossaplatz 3), z. Z. im Felde.
509. „ Dr. Hugo Lichte, Kiel, Kleiststraße 24.
510. „ Prof. Dr. J. E. Lilienfeld, Leipzig, Mozartstraße 5.
511. „ Prof. Dr. C. v. Linde, München, Prinz-Ludwigshöhe 44.
512. „ Oberlehrer Dr. Ad. Lindemann, Hamburg 13, Hartungstraße 15.
513. „ Dr. J. Stephan van der Lingen, Kroonstad, Oranje, Box 59.
514. „ Prof. Dr. Fr. Linke, Frankfurt a. M. 1, Kettenhofweg 105.
515. „ Prof. Dr. H. A. Lorentz, Haarlem, Zijlweg 76.
516. „ Dr. St. Loria, Manchester, Physik. Institut d. Univ.
517. Frl. Anne Sophie Lose, Freiburg i. B., Baslerstraße 19.
518. Herr Dr. Ramón G. Loyarte. La Plata, Argent., Physik. Institut.
519. „ Prof. Dr. P. Ludewig, Freiberg, Albertstr. 22, z. Z. Kiel, Reventlowallee 6.
520. „ Dr. Ernst Lübcke, Kiel, Feldstraße 123.
521. „ Prof. Dr. O. Lummer, Breslau, Göppertstraße 1.
522. „ Dr. Willi Luthe, Mittweida i. S., Wilhelmstraße 18, z. Z. i. F.
523. „ Prof. Dr. K. Mack, Hohenheim bei Stuttgart.
524. „ Dr. E. Madelung, Göttingen, Merkelstraße 11.
525. „ Dr. A. Magnus, Tübingen, Wilhelmstraße 22.
526. „ Dr. L. Mandelstam.
527. „ Dr. Arthur March, Innsbruck, Junrain 35.
528. „ Prof. Dr. O. Martienssen, Kiel, Universität.
529. „ Prof. Dr. E. Marx, Leipzig, Kaiser-Wilhelmstraße 79.
530. „ Prof. Dr. W. Matthies, Basel-Riehen, Griengasse 46.
531. „ Dr. Fritz Mayer, Villingen, Baden, Niederestraße 3
532. „ cand. phys. Otto Mayer, München, Ainmillerstraße 26.
533. „ A. Meiner i. Fa. J. A. Barth, Verlagsbuchh. Leipzig, Dörrienstr. 16.
534. „ Dr. Karl W. Meissner, Zürich, Schweiz, Physik. Institut.
535. „ Prof. Dr. G. Melander, Helsingfors, Meteorol. Zentralanstalt.
536. „ Oberlt. Dr. Erich Merkel, Schießplatz Kummersdorf, Meßschule

Digitized by Google

537. Herr P. Metzner, z. Z. Krankenw, Krankentransportabt. III, Feldpoststt. 55.
538. „ Prof. Dr. Edgar Meyer, Zürich, Schweiz, Rämistraße 69.
539. „ Prof. Dr. Georg Meyer, Freiburg i. B., Bertholdstraße 63.
540. „ Prof. Dr. Stefan Meyer, Wien IX, Boltzmanngasse 3.
541. „ Prof. A. A. Michelson, Chicago, University, Ryerson Laboratory.
542. „ Prof. Dr. G. Mie, Halle a. S., Phys. Inst. d. Univ.
543. „ Dr. Friedrich Moeller, Hamburg 9, Deutsche Seewarte.
544. „ Dr. Alexander Müller, Zürich, Kurhausstraße 8.
545. „ Prof. A. J. M. Mulder, Oudenbosch, Holland, Kerkstraat 18.
546. „ Prof. Dr. R. Nacken, Tübingen, Mineral. petrograph. Institut.
547. „ Prof. Hantaro Nagaoka, Tokyo, Science Coll., Imp. Univ.
548. „ Prof. Dr. Ladislaus Natanson, Krakau, Studencka 3.
549. „ Prof. Dr. C. Neumann, Leipzig, Querstraße 10/12.
550. „ Prof. Dr. A. Nippold, Bornstädt, Mark, Viktoriastr. 10, z. Z. i. F.
551. „ Dr. P. Nordmeyer, Bielefeld, Johannistal 14.
552. „ Dr. Arvid Odencrants, Uppsala, Järnbrogatan 2.
553. „ Prof. Dr. A. v. Oettingen, Leipzig, Mozartstraße 1.
554. „ Dr. E. Oosterhuis, Eindhoven, Holland, Villapark.
555. „ Dr. Rudolph Ortvay, Budapest, Danyanich u. 28 B.
556. „ Prof. Dr. C. W. Oseen, Uppsala, Universität.
557. „ Dr. Artur Partzsch, Dresden, Trachenbergstraße 65.
558. „ Harald Perlitz, St. Petersburg, Liteiny Per. 55[41].
559. „ Prof. Dr. A. Pflüger, Bonn, Joachimstraße 5.
560. „ Prof. G. W. Pierce, Cruft High Tension Lab., Harvard-Univ., Cambridge, Mass., U. S. A.
561. „ Prof. Alfredo Pochettino, Sassari, Sardinien, Universität.
562. „ Dr. Bela Pogany, Klausenburg, Physik. Institut der Universität.
563. „ Sergius Popow, Tübingen, Physik. Institut der Universität.
564. „ Prof. Dr. Royal A. Porter, Syracuse, U. S. A., Universität.
565. „ Prof. Dr. A. Pospielow, Tomsk, West-Sibirien, Universität.
566. „ Prof. Dr. J. Precht, Hannover, Oeltzenstraße 1.
567. „ Prof. Dr. K. Prytz, Charlottenlund, Dänem., Lindegaards Tvaervej 1.
568. „ Prof. Dr. G. Quincke, Heidelberg, Bergstraße 41.
569. „ Dr. K. Rappenecker, Freiburg i. B., Röderstraße 16, z. Z. kriegsgefangen in Kurume, Japan.
570. „ Dr. S. Ratnowsky, Küßnacht b. Zürich, Seestraße 159.
571. „ Prof. Dr. W. J. Raymond, Univ. of California, Berkeley, Cal., U. S. A.
572. „ Dr. Ernst Reiche, Breslau IX, Paulstraße 16/18.
573. „ Prof. Dr. R. Reiger, Erlangen, Raumerstraße 8.
574. „ Dr. Max Reinhold, Plön, Seestraße 8.
575. „ Dr. O. Reinkober, Danzig-Langfuhr, Brunshoferweg 17, Res.-Feld-Art.-Reg. 19, Stab II. Abt.
576. „ Dr. A. Reis, Karlsruhe, Inst. f. phys. Chem. d. T. Hochsch., z. Z. i. F.
577. „ Dr. B. Reismann, Hattingen a. d. R., Kgl. Realgymnasium.
578. „ Bodo Frhr. v. Reitzenstein, Perchtoldsdorf b. Wien, Lohnsteinstr., z. Z. im Felde.
579. „ Prof. Dr. F. Richarz, Marburg, Bez. Cassel.

Digitized by Google

580. Herr Dr. phil. Paul Riebesell, Hamburg, Klosterallee 80.
581. „ Prof. Dr. Ernst Riesenfeld, Freiburg i. B., Immentalstraße 38.
582. „ Joh. Rieth, Wetzlar, Bannstraße 16.
583. „ Hofbuchhändler Ludwig Röhrscheid, Bonn, Am Hof 28.
584. „ Prof. Dr. W. C. Röntgen, München 8, Äußere Prinzregentenstraße 1.
585. „ Dr. E. Rohlf, Kiel, Sophienblatt 28a.
586. „ Prof. Dr. M. v. Rohr, Jena, Moltkestraße 5.
587. „ Ing. Dr. J. Rosenthal, München, Bavariaring 10.
588. „ Prof. Dr. Viktor Rothmund, Prag II 1594, Weinberggasse 3.
589. „ Dr. A. Rubinowicz, Grödig b. Salzburg, Österreich.
590. „ Prof. Dr. C. Runge, Göttingen, Universität.
591. „ Prof. Dr. F. Rusch, Tientsin, China, Chiti Techn. High Coll. Ho-Pei.
592. „ Prof. Dr. E. Rutherford, Manchester, Withington, 17 Wilmslow Road.
593. „ Dr. Léon Schames, Frankfurt a. M., Wittelsbacherallee 7.
594. „ Hauptmann Schatte, St. Avold, Lothringen, Hamburgerstraße 89.
595. „ Prof. Dr. K. Schaum, Gießen, Bergstraße 5.
596. „ Prof. Dr. R. Schenck, Münster, Westf., Körnerstraße 4.
597. „ Prof. Dr. K. Schering, Darmstadt, Herdweg 86.
598. „ Dr. Paul Scherrer, Göttingen, Friedländerweg 3.
599. „ Prof. Dr. Gerhard Schmidt, Münster i. W., Gertrudenstraße 12.
600. „ Priv.-Doz. Dr. Hans Schmidt, Kiel.
601. „ Harry Schmidt, Altona, Elbe, Lessers Passage 6.
602. „ Prof. Dr. Karl Schmidt, Halle a. S., Kronprinzenstraße 1.
603. „ Dr. Karl Schütt, Hamburg 23, Wartenau 3.
604. „ Prof. Dr. F. A. Schulze, Marburg, Bez. Cassel, Wilhelmstraße 32½.
605. „ Prof. Dr. Egon Ritter v. Schweidler, Innsbruck, Universität.
606. „ Prof. Dr. A. Schweitzer, Zürich VI, Möbrlistraße 63.
607. „ Prof. Dr. M. Seddig, Buchschlag; Post: Sprendlingen, Kr. Offenbach.
608. „ Dr. H. Senftleben, Breslau, Lothringerstraße 4.
609. „ Dr. Karl Siebel, Rendsburg, Eckernförderstraße 18.
610. „ Dr. Henry Siedentopf, Jena, Kaiser-Wilhelmstraße 7.
611. „ Dr. Manne Siegbahn, Lund, Schweden, Physik. Inst.
612. „ Prof. Dr. Bruno Sieger, Nürnberg, Äußere Ziegelgasse 18.
613. „ Prof. Dr. P. Silow, Kiew, Rußland, Nikolaistraße 9.
614. „ Prof. Dr. H. Th. Simon, Göttingen, Nikolausbergerweg 20.
615. „ Dr. Martin Sjöström, Uppsala, Schweden, Universität.
616. „ H. Clyde Snook, Philadelphia, Pa. 417, Mariner & Merchant Building.
617. „ Prof. Dr. A. Sommerfeld, München 23, Leopoldstraße 87.
618. „ Dipl.-Ing. Stephan Spiegel, Budapest I, Zeimoriu 8.
619. „ Prof. Dr. P. Spies, Posen W. 3, Sachenstraße 42.
620. „ Prof. Dr. Joh. Stark, Greifswald, Domstraße 10.
621. „ Prof. Dr. H. Starke, Aachen, Lütticherstraße 189.
622. „ Prof. Dr. R. Steinheil, München, Lipowskystraße 2, z. Z. i. F.
623. „ Dr. Otto Stern.
624. „ Prof. Dr. K. Stöckl, Passau, Hochstraße 9.
625. „ Prof. Dr. R. Straubel, Jena, Botzstraße 10.
626. „ Prof. Dr. V. Strouhal, Prag, Clementinum.

Digitized by Google

627. Herr Dr. Karl Stuchtey, Marburg, Bez. Cassel, Physik. Inst., z. Z. i. F.
628. „ Prof. Dr. Kalmán Széll, Klausenburg, Ung., Reformiertes Kollegium.
629. „ Dr. Ernst Targe, Danzig-Langfuhr, Hauptstraße 91, z. Z. i. F.
630. „ Dr. Emil Take, Düsseldorf, Florastraße 70.
631. „ Prof. A. H. H. Tallqvist, Helsingfors.
632. „ Dr. B. Tepelmann, Braunschweig, Viewegstraße 1.
633. „ Prof. Dr. S. Tereschin, Petersburg, Nikolajewskaya 40.
634. „ Prof. Dr. Thöldte, Dessau, Askanische Straße 56.
635. „ Prof. Dr. M. Toepler, Dresden-A., Hohestraße 18.
636. „ Dr. A. Q. Tool, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska.
637. „ Prof. Gymnasiallehrer Alfred Tóth, Pannonhalma, Ungarn.
638. „ Prof. Dr. M. Trautz, Heidelberg, Mönchhofstraße 4a.
639. „ Dr. Karl Tubandt, Halle a. S., Mozartstraße 20.
640. „ L. B. Tuckermann, Phys. Dept. Univ. of Nebraska, Lincoln, U. St. A.
641. „ Prof. Dr. W. von Uljanin, Kasan.
642. „ Dr. R. Ullrich, Frankfurt a. M., Luxemburgerallee 44.
643. „ Dr. Hans Usener, Kiel, Düvelsbekerweg 33.
644. „ Prof. Dr. S. Valentiner, Clausthal, Harz, Bergakademie, z. Z. i. F.
645. „ Dr. L. Vegard, Kristiania, Phys. Institut d. Universität.
646. „ Prof. Dr. Henri Veillon, Basel, Eulerstraße 27.
647. „ Dr. H. Vogel, D. L. E. H. Haubinda bei Hildburghausen.
648. „ stud. phil. Fritz Vohsen, z. Z. im Felde.
649. „ Prof. Dr. W. Voigt, Göttingen, Grüner Weg 1.
650. „ Prof. Dr. P. Volkmann, Königsberg-Amalienau, Hardenbergstr. 8/10.
651. „ Prof. Dr. A. Voller, Hamburg, Physik. Staatslaboratorium.
652. „ Prof. Vykruta, Prag, Böhmen, Staatsgewerbeschule.
653. „ Prof. Dr. R. Wachsmuth, Frankfurt a. M., Kettenhofweg 136.
654. „ Prof. Dr. E. Waetzmann, z. Z. Charlottenburg 2, Herderstraße 12.
655. „ Dr. J. Wallot, Zellerfeld, Goslarschestraße 324.
656. „ Prof. Dr. B. Walter, Hamburg, Physik. Staatslaboratorium.
657. „ Prof. Dr. Anton Weber am Lyceum in Dillingen (Bayern).
658. „ Dr. Ernst Weber, München 4, z. Z. Elisabethstraße 19.
659. „ Prof. Dr. H. Weber, Braunschweig, Spielmannstraße 21.
660. „ Prof. Dr. L. Weber, Kiel, Moltkestraße 60.
661. „ Prof. Dr. Rudolf H. Weber, Rostock, Wismarsche Straße 5.
662. „ Dr. Sophus Weber, Leiden, Holland, Hooge Rijndijk 52.
663. „ Dr. Moritz Weerth, Elberfeld, Roonstraße 35, z. Z. im Felde.
664. „ Prof. Dr. F. Weigert, Leipzig 3, Kronprinzenstraße 1c.
665. „ cand. phil. Heinz Weinnoldt, Essen a. d. Ruhr, Bismarckstr. 37, z. Z. Leutn. d. Res. u. Führer d. Armee-Funker-Parks 19, Deutsche Feldpost 690.
666. „ Dr. Alfred Wenzel, Brandenburg a. H., Wilhelmsdorferstraße 71.
667. „ Dr. Raoul Wernicke, Buenos Aires, Argentinien.
668. „ Dr. Alfred Wertheimer, München, Possartstraße 8.
669. „ Eduard Wertheimer, Bielefeld, Detmolderstraße 17.
670. „ Dr. K. von Wesendonk, Bern.
671. „ Reinhard A. Wetzel, New York, College of the City of New York.

*

Digitized by Google

672. Herr Dr. Whitney, Schenectady, U. S. A., General Electric Co.
673. „ Prof. Dr. E. Wiechert, Göttingen, Hainberg 180.
674. „ Prof. Dr. E. Wiedemann, Erlangen.
675. „ Dr. Gebhard Wiedmann, Dresden-A. 14, Phys. Inst. Techn. Hochsch.
676. „ Prof. Dr. M. Wien, Jena.
677. „ Prof. Dr. W. Wien, Würzburg, Pleicherring 8.
678. „ Prof. Dr. O. Wiener, Leipzig, Linnéstraße 4.
679. „ Dr. Gustav Wietzel, Charlottenb. 5, Windscheidstr. 5, z. Z. auswärts.
680. „ Prof. Dr. A. Wigand, Halle a. S., Kohlschütterstraße 9.
681. „ Dr. E. Wilke, z. Z. im Felde.
682. „ Prof. Dr. E. B. Wilson, Boston, Mass. U. S. A., Inst. of Technology.
683. „ Prof. Dr. H. Witte, Wolfenbüttel, Marktstraße 14.
684. „ Dr. M. v. Wogau, Ihringen, Baden.
685. „ Dr. M. Wolfke, Zürich VI, Tiefegäßchen 38.
686. „ Prof. Dr. Joseph Würschmidt, Erlangen, Physik. Institut.
687. „ Prof. Dr. H. Zahn, Kiel, z. Z. Berlin, W. 62, Wichmannstraße 19
688. „ Prof. Dr. L. Zehnder, Zürich 7, Susenbergstraße 173.
689. „ Carl Zeiss, Optische Werkstatt, Jena.
690. „ Prof. Dr. H. Zickendraht, Basel, Türkheimerstraße 3.
691. „ Prof. Dr. W. Ziegler, Santiago de Chile, Cassilla 1389.
692. „ Dr. R. Zsigmondy, Göttingen, Friedländerweg 47.
693. Inst. f. theoret. Phys. (Prof. Sommerfeld), München 4, Univers.
694. Das Phys. Institut der Universität Frankfurt a. M.
695. Das Phys. Institut der Universität Freiburg i. B.
696. Das Phys. Institut der Universität Gießen.
697. Das Phys. Institut der Universität Göttingen.
698. Das Phys. Institut der Universität Jena.
699. Das Phys. Institut der Universität Leipzig, Linnéstraße 5.
700. Das Phys. Institut der Universität Marburg.
701. Das Phys. Institut der Technischen Hochschule Danzig-Langfuhr.
702. Das Phys. Institut der Technischen Hochschule Darmstadt.
703. Das Phys. Institut der Technischen Hochschule Dresden-A.
704. Das Phys.-Chem. Institut der Universität Leipzig, Linnéstraße 2.
705. Das Phys.-Chem. Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe.
706. Das Phys. Laboratorium des Friedrichs-Polytechnikums Cöthen (Anhalt).
707. Polyteknisk Laereanstalt, fysiske Laboratorium, Kopenhagen.
708. Bibliothek der Universität Gießen.
709. Bibliothek der Königl. Bergakademie Freiberg i. S.
710. Kgl. Universitätsbibliothek Kiel.
711. Kgl. Landesbibliothek Stuttgart.
712. Königl. Bayerische Sternwarte, München.
713. Königl. Forstakademie, Eberswalde.
714. Luftschiffbau Zeppelin G. m. b. H., Friedrichshafen, Bodensee.
715. Veifa-Werke, Frankfurt a. M.

Digitized by Google

Alphabetisches Namenregister

zu

Jahrgang 19 (1917)

der

Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft[1]).

B.

Berndt, Georg. Druckfestigkeit von Glas und Quarz (290), 314.

Born, M. Über die Zerstreuung des Lichtes in Substanzen mit anisotropen Molekeln (242, 290), 248.

Budde, E. Zur Resonanztheorie des Hörens. II. Über die Cortischen Organe im Ohr der Landsäugetiere (12), 22.

D.

Dessauer, F. Über einen neuen Hochspannungstransformator und seine Anwendung zur Erzeugung durchdringungsfähiger Röntgenstrahlen (242), 155.

Deutsche Ausschuss für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, Der. Grundsätzliche Äußerung über die Stellung des mathematischen Unterrichts an den höheren Knabenschulen 72.

E.

Ehrenhaft, Felix. Einiges aus der Physik des Milliontel-Zentimeters: a) über die Frage nach der atomistischen Konstitution der Elektrizität; b) über die Kräfte, welche die Strahlung auf die Materie überträgt (93).

Einstein, A. Eine elementare Ableitung der Hamilton-Jacobischen Gleichung (77).

— Zum Quantensatz von Sommerfeld und Epstein (79), 82.

— Übersicht über die wissenschaftlichen Arbeiten des verstorbenen Mitgliedes der Gesellschaft M. v. Smoluchowski (289).

— Die Frage der Grenzbedingungen der allgemeinen Relativitätstheorie (289).

Emde, Fritz. Über vier Modelle (Mechanismen) zur Erläuterung der Faraday-Maxwellschen fiktiven Spannungen (291).

Epstein, Paul S. Über die spezifische Wärme des Wasserstoffs (2).

— Hamilton-Jacobische Funktion und Quantentheorie (109), 116.

F.

Fuess †, Rudolf (290).

G.

Greinacher, H. Widerstand und Polarisation der Selenzellen (79), 51.

[1]) Die in Klammern bzw. ohne Klammern stehenden Zahlen weisen auf die Seiten hin, auf denen ein kürzerer bzw. längerer Bericht über die betr. Mitteilung abgedruckt ist.

Digitized by Google

Gumlich, E. Über die Abhängigkeit der magnetischen Eigenschaften, des spezifischen Widerstandes und der Dichte einer Anzahl von Eisenlegierungen von der chemischen Zusammensetzung und der thermischen Behandlung (94).

H.

Haas, W. J. de. Weitere Versuche über die Realität der Ampèreschen Molekularströme (2).
Hertz, G. Über den Energieaustausch bei Zusammenstößen zwischen langsamen Elektronen und Gasmolekülen (242), 268.

L.

Lampe, E. Beispiele zur Berechnung der Anziehung eines homogenen Rotationskörpers auf einen Massenpunkt in der Rotationsachse nach dem Newtonschen Gravitationsgesetz (242), 292.
— Zur Geschichte des Trägheitsgesetzes (242).
Laue, M. v. Ein Versagen der klassischen Optik (79), 19.
— Bandenspektrum und molekulare Quantendrehungen (242), 130.
Lehmann †, Dr. H. (241).

M.

Meyer, Ulfilas. Über die dielektrische Nachwirkung (109), 139.
Moser, W. sh. Waetzmann, E. 13.
Müller, Alex. Notiz, betreffend die Emission sekundärer Röntgenstrahlen (79), 48.

N.

Neumeier †, Fritz (1).

P.

Planck, Max. Zur Theorie des Rotationsspektrums (41), 43; (109).
Podszus, Emil. Widerstände einiger reiner Isolatoren bei hohen Temperaturen, Thermionenströme und Dissoziation (242), 231.
Pringsheim †, Geh. Reg.-R. Prof. Dr. E. (241).

R.

Richter †, Prof. Dr. E. (241).
Rubens, H. Das optische Verhalten der Gläser im langwelligen Spektrum (11).

S.

Schaefer, Clemens. Ein Bedenken gegen das Debyesche Wasserstoffmolekülmodell (1).
Schmidt †, Oberlehrer Prof. Heinr. (1).
Schutz †, Alexander v. (41).
Seherr-Thoss †, M. Freiherr v. (241).
Skaupy, Franz. Druckdifferenzen in gleichstromdurchflossenen Edelgasröhren (242), 264.
Smoluchowski †, Prof. Dr. Marian Ritter v. (241).

T.

Thieme, Bruno. Kritisches zur Verwendung der Kapillarwellenmethode bei Bestimmung der Oberflächenspannungen (2).

V.

Vegard, L. Über die Erklärung der Röntgenspektren (289). 328.
— Der Atombau auf Grundlage der Röntgenspektren (289), 344.

W.

Waetzmann, E. u. Moser, W. Über unsymmetrische Schwingungen einseitig belasteter Gummihäute 13.
Warburg, E. Über eine rationelle Lichteinheit (1), 3.
Wesendonk, K. v. Über Vokalklänge (93), 95.
Wolfke, M. Eine Solarisationsmethode zur Messung der Zerstreuung der Kanalstrahlen (94), 111.
— Über eine neue Quarzlampe (242), 231.
Würschmidt, J. Über singende und empfindliche Flammen (2).

Digitized by Google

HALBMONATLICHES

LITERATURVERZEICHNIS

DER

„FORTSCHRITTE DER PHYSIK“

DARGESTELLT

VON DER

DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

REDIGIERT VON

KARL SCHEEL
FÜR REINE PHYSIK

RICHARD ASSMANN
FÜR KOSMISCHE PHYSIK

FÜNFZEHNTER JAHRGANG 1917

BRAUNSCHWEIG
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDR. VIEWEG & SOHN
1917

Digitized by Google

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. — 15. Januar 1917. — Nr. 1.

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekanntgeben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 1 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 16. bis 30. Dezember 1916 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

H. S. Allen and **H. Moore.** A Text-Book of Practical Physics. XV u. 622 S. Londo, Macmillan and Co., Ltd., 1916. (Preis 8 s. 6 d.) *

F. Auerbach. Die Physik im Kriege. Eine allgemein verständliche Darstellung der Grundlagen moderner Kriegstechnik. 3. Aufl. VIII u. 229 S. mit 126 Abbildungen im Text. Jena, Gustav Fischer, 1916. (Preis 3,60 ℳ, geb. 4,50 ℳ.) *

H. E. Hadley. A Manual of Practical Physics. VIII u. 262 S. London, Macmillan and Co., Ltd., 1916. (Preis 8 s.) *

Aug. Hagenbach. Zur Erinnerung an Dr. Pierre E. Chappuis. Verh. Naturf. Ges. Basel **27**, 87—92, 1916.

G. H. Bryan. Prof. Pierre Duhem. Nature **98**, 131—132, 1916.

W. v. Siemens. Werner Siemens und sein Wirkungsfeld. Die Naturwissenschaften **4**, 759—771, 1916.

Gustav Mie. Werner Siemens als Physiker. Die Naturwissenschaften **4**, 771—776, 1916.

Dieterici. Über das Leuchten der Flamme. Die Naturwissenschaften **4**, 777—778, 1916.

Arthur Korn. Werner von Siemens' Arbeiten über das Selen. Die Naturwissenschaften **4**, 778—783, 1916.

Richard Aßmann. Werner von Siemens' Arbeiten auf dem Gebiete der Kosmischen Physik. Die Naturwissenschaften **4**, 783—788, 1916.

C. Harries. Werner Siemens und seine Stellung in der Chemie. Die Naturwissenschaften **4**, 788—793, 1916.

E. Warburg. Werner Siemens und die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Die Naturwissenschaften **4**, 793—797, 1916.

Digitized by Google

H. Görges. Werner Siemens' Verdienste um die Starkstromtechnik. Die Naturwissenschaften **4**, 797—803, 1916.

K. Strecker. Werner Siemens' Verdienste um die Entwicklung der Telegraphie und Telephonie. Die Naturwissenschaften **4**, 803—812, 1916.

Max Jakob. Werner Siemens' Tätigkeit auf mechanisch-technischem und wärmetechnischem Gebiete. Die Naturwissenschaften **4**, 812—816, 1916.

August Rotth. Werner von Siemens als Soldat und Kriegstechniker. Die Naturwissenschaften **4**, 817—822, 1916.

Richard Ehrenberg. Werner Siemens in seiner Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft. Die Naturwissenschaften **4**, 823—827, 1916.

Ad. Thomälen. Zum Gedächtnis Werner von Siemens'. Elektrot. ZS. **37**, 677—681, 1916.

Ferdinand Neureiter. Werner von Siemens. Gedenkrede in der Festversammlung des Elektrotechnischen Vereins in Wien am 13. Dezember 1916. Elektrot. u. Maschinenb. **34**, 221—226, 1916.

Joh. A. Repsold. Carl August Steinheil. Astron. Nachr. **203**, 165—192, 1916.

Mathematics and physics at the British Association. Nature **98**, 120, 1916.

Deutsches Wörterbuch für die gesamte Optik. Als Ratgeber beim Verdeutschen für Optiker, Augenärzte, Feinmechaniker, Photographen und verwandte Berufe. Herausgegeben vom Fremdwortausschuß für die Optik. 44 S. Berlin, Verlag Alexander Ehrlich, ohne Jahreszahl.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

F. Rinne. Einfache Demonstration der Reflexkegel beim Laue-, sowie Debye-Scherrer-Effekt mittels gewöhnlichen Lichtes. Zentralbl. f. Min. 1916, 545—553.

A. Oggerin. Über Spiegeltechnik. D. Opt. Wochenschr. 1915/16, 810—811.

3. Maß und Messen.

August Buchholz †. Über physikalische Einheitensysteme. Ann. d. Phys. (4) **51**, 678—684, 1916.

A. Stutz. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung. 27 S. Zürich 1916.

William Norman Rae and Joseph Reilly. Precision in chemical weighing. Chem. News **114**, 187—189, 1916.

B. Wanach. Bemerkenswerte Konstanz eines Instrumentenpfeilers. Astron. Nachr. **203**, 191—194, 1916.

Th. Niethammer. Untersuchung einer Rieflerschen Pendeluhr mittels einer Vorrichtung zur automatischen Registrierung der Änderungen des Schwingungsbogens. Verh. Naturf. Ges. Basel **27**, 100—107, 1916.

J. Ondracek. Ein neues Verfahren zur harmonischen Analyse. Elektrot. u. Maschinenb. **34**, 609—613, 627—628, 1916.

C. A. Crommelin und **Frl. E. J. Smid.** Eine Vergleichung einer Druckwage von Schäffer und Budenberg mit dem offenen Standardmanometer des Physikalischen Instituts in Leiden zwischen 20 und 100 Atmosphären, als Beitrag zur Theorie der Druckwage von S. und B. Ann. d. Phys. (4) **51**, 621—634, 1916.

E. J. Hoogenboom-Smid. Vergleiche der Druckwage des van 't Hoff-Laboratoriums zu Utrecht mit denen des van der Waals-Fonds zu Amsterdam. Ann. d. Phys. (4) **51**, 635—638, 1916.

Digitized by Google

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Franz Paulus. Ergänzungen und Beispiele zur Mechanik von Hertz. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 835—882, 1916.

J. Droste. The field of n moving centres in Einstein's theory of gravitation. Proc. Amsterdam **19**, 447—455, 1916.

W. de Sitter. Planetary motion and the motion of the moon according to Einstein's theory. Proc. Amsterdam **19**, 367—381, 1916.

A. Einstein. Über Friedrich Kottlers Abhandlung „Über Einsteins Äquivalenzhypothese und die Gravitation." Ann. d. Phys. (4) **51**, 639—642, 1916.

Friedrich Kottler. Beschleunigungsrelative Bewegungen und die konforme Gruppe der Minkowskischen Welt. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 899—919, 1916.

H. M. Dadourian. Analytical Mechanics. 2 ed. XIV u. 431 S. New York, D. Van Nostrand Co., 1916.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

J. Tresling. On the use of Third Degree Terms in the Energy of a Deformed Elastic Body. Proc. Amsterdam **19**, 281—286, 1916.

Arnold J. Oehler. Notes on the elastic properties of phosphorbronze wires. Phys. Rev. (2) **8**, 465—469, 1916.

A. Rosiwal. Neuere Ergebnisse der Härtebestimmung von Mineralien und Gesteinen. — Ein absolutes Maß für die Härte spröder Körper. Verh. geol. Reichsanst. 1916, 117—147.

6. Hydromechanik.

A. A. Barnes. Hydraulic Flow Reviewed. XI u. 158 S. London, E. and F. N. Spon, Ltd., 1915. (Preis 12 s. 6 d.)

7. Kapillarität.

Bruno Thieme. Kritisches zur Verwendung der Kapillarwellenmethode bei Bestimmung der Oberflächenspannungen. Verh. d. D. Phys. Ges. **18**, 414—422, 1916.

F. M. Jaeger and **Jul. Kahn.** Investigations on the Temperature-Coefficients of the Free Molecular Surface-Energy of Liquids between — 80° and 1650° C. XV. The Determination of the Specific Gravity of molten Salts, and of the Temperature-Coefficient of their Molecular Surface-Energy. Proc. Amsterdam **19**, 381—397, 1916.

F. M. Jaeger and **Jul. Kahn.** Investigations on the Temperature-Coefficients of the Free Molecular Surface-Energy of Liquids between — 80° and 1650° C. XVI. The surface-tension of some Halogenides of Sulphur, Phosphorus, Arsenic, Antimony and Bismuthum. Proc. Amsterdam **19**, 397—404, 1916.

F. M. Jaeger. Investigations on the Temperature-coefficients of the Free Molecular Surface-Energy of Liquids between — 80° and 1650° C. XVII. The relations between the Molecular Cohesion of Liquids at their Melting- and Boiling-points, and their absolute Melting- and Boiling-temperatures respectively. Proc. Amsterdam **19**, 405—414, 1916.

Digitized by Google

A. P. Mathews. The relation of molecular cohesion to surface tension and gravitation; with a method of determining „a" of van der Waals equation without assumptions; and the explanation of the meaning of the constants in the surface tension law of Eötvös and the latent heat formulas of Dieterici and Mills. Journ. phys. chem. **20**, 554—596, 1916.

8. Aeromechanik.

Effie Markwell. The coefficient of viscosity of air by the capillary tube method. Phys. Rev. (2) **8**, 479—484, 1916.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

W. Hahnemann und **H. Hecht.** Schallfelder und Schallantennen. Phys. ZS. **17**, 601—609, 1916.

C. Davison. The abnormal propagation of sound by the atmosphere. Nature **98**, 71—72, 1916.

2. Physiologische Akustik.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Arthur Clayton. The Functions of the Higher Valencies. Journ. Chem. Soc. **109**, 1046—1050, 1916.

Gertrude Maud Robinson. Experiments on the So-called Migration of Atoms and Groups. Part I. The Nitration of p-Iodoanisole and other Iodo-Phenolic Ethers. Journ. Chem. Soc. **109**, 1078—1091, 1916.

E. H. Riesenfeld und **F. Bencker.** Die Einwirkung von Ozon auf anorganische Jodverbindungen. ZS. f. anorg. Chem. **98**, 167—201, 1916.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

Ruby Rivers Murray. Abnormal adsorption by filter paper. Journ. phys. chem. **20**, 621—624, 1916.

J. Pawel. Lösung und osmotischer Druck. 29 S. Berlin, Allg. Med. Verlagsanst., 1916.

W. Mecklenburg. Über die Beziehungen zwischen Tyndalleffekt und Teilchengröße kolloidaler Lösungen. Kolloid-ZS. **16**, 97—103, 1915. [Beibl. **40**, 526, 1916.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

Heinrich Danneel. Elektrochemie, I. Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 16 Figuren. 3. Aufl. 186 S. Berlin und Leipzig, G. J. Göschensche Verlagshandlung, G. m. b. H., 1916 (Sammlung Göschen Nr. 252). (Preis 1 ℳ.)

Edgar Newbery. Overvoltage Tables. Part I. Cathodic Overvoltages. Journ. Chem. Soc. **109**, 1051—1066, 1916.

Digitized by Google

Edgar Newbery. Overvoltage Tables. Part II. Anodic Overvoltages. Journ. Chem. Soc. **109**, 1066—1078, 1916.

Horace S. Uhler and Philip E. Browning. On the Electrolysis and Purification of Gallium. Sill. Journ. (4) **42**, 389—398, 1916.

P. G. Nutting. Einige quantitative Angaben über Metallniederschläge an Kathoden. Journ. Franklin Inst. **182**, 115—116, 1916. [Chem. Zentralbl. 1916, **2**, 972.

4. Photochemie.

Lüppo-Cramer. Kolloidchemie und Photographie. XXXIX. Kolloid-ZS. **19**, 17—22, 1916. [Chem. Zentralbl. 1916, **2**, 974.

5. Thermochemie.

Alexander Mitscherlich. Untersuchungen über den Entzündungspunkt des Knallgases. ZS. f. anorg. Chem. **98**, 145—166, 1916.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

F. Rinne. Einfache Demonstration der Reflexkegel beim Laue- sowie Debye-Scherrer-Effekt mittels gewöhnlichen Lichtes. Zentralbl. f. Min. 1916, 545—553.

A. Smits and F. E. C. Scheffer. The Interpretation of the Röntgenograms and Röntgenspectra of Crystals. Proc. Amsterdam **19**, 432—438, 1916.

G. Borelius und A. E. Lindh. Elektrischer Widerstand und Thermokraft des kristallinischen Wismuts. Ann. d. Phys. (4) **51**, 607—620, 1916.

H. R. Kruyt and W. D. Helderman. The equilibrium solid-liquid-gas in binary systems which present mixed crystals. (Third communication.) Proc. Amsterdam **19**, 439—447, 1916.

H. E. Boeke. Über Vierstoffsysteme. ZS. f. anorg. Chem. **98**, 203—222, 1916.

A. Rosiwal. Neuere Ergebnisse der Härtebestimmung von Mineralien und Gesteinen. — Ein absolutes Maß für die Härte spröder Körper. Verh. geol. Reichsanst. 1916, 117—147.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

G. F. Woodhouse. An Intermediate Text-book of Magnetism and Electricity. X u. 264 S. Sedbergh, Jackson and Son, 1916. (Preis 6 s.)

W. J. de Haas and G. L. de Haas-Lorentz. An experiment of Maxwell and Ampère's molecular currents. Proc. Amsterdam **19**, 248—255, 1916.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

Adolf Böhi. Verfahren zur Messung der absoluten Potentialdifferenzen, welche beim Kontakt beliebiger Leiter auftreten. Ann. d. Phys. (4) **51**, 643—648, 1916.

Digitized by Google

3. Elektrostatik.

4. Maße und Meßinstrumente.

C. W. Lutz. Ein einfaches Saitenelektroskop. Phys. ZS. **17**, 619—622, 1916.

J. Ondracek. Ein neues Verfahren zur harmonischen Analyse. Elektrot. u. Maschinenb. **34**, 609—613, 627—628, 1916.

5. Apparate.

H. du Bois. Theorie der Polarmaturen und Feldspulen. (Zweite Mitteilung.) Ann. d. Phys. (4) **51**, 577—606, 1916.

Bruno Thieme. Über die Wirkung von Kristalldetektoren. Phys. ZS. **17**, 615—618, 1916.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

G. Borelius und A. E. Lindh. Elektrischer Widerstand und Thermokraft des kristallinischen Wismuts. Ann. d. Phys. (4) **51**, 607—620, 1916.

Edward D. Campbell. The influence of heat treatment on the thermoelectric properties and specific resistance of carbon steels. Electrician **78**, 23—25, 1916.

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

G. Borelius und A. E. Lindh. Elektrischer Widerstand und Thermokraft des kristallinischen Wismuts. Ann. d. Phys. (4) **51**, 607—620, 1916.

Edward D. Campbell. The influence of heat treatment on the thermoelectric properties and specific resistance of carbon steels. Electrician **78**, 23—25, 1916.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

J. C. Jensen. A comparison of alternating and direct spark potentials Phys. Rev. (2) **8**, 433—448, 1916.

K. T. Compton and J. M. Benade. The nature of the collisions of electrons with gas molecules. Phys. Rev. (2) **8**, 449—464, 1916.

G. P. Luckey. The tungsten arc under pressure. Electrician **77**, 947, 1916.

E. R. Stoekle. Thermionic currents from molybdenum. Phys. Rev. (2) **8**, 534—560, 1916.

F. S. Goucher. Ionization by impact in mercury vapor and other gases. I. The Direct Measurement of the Ionizing Potentials. Phys. Rev. (2) **8**, 561—578, 1916.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

Victor F. Hess und Robert W. Lawson. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 92. Über die Zahl der γ-Strahlen von den Zerfallsprodukten des Radiums. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 585—612, 1916.

Digitized by Google

Victor F. Hess und **Robert W. Lawson.** Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 93. Über die Zählung von β-Strahlen nach der Methode der Stoßionisation. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 661—674, 1916.

Stefan Meyer und **Robert W. Lawson.** Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 94. Zur Kenntnis der mittleren Lebensdauer des Radiums. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 723—733, 1916.

Alois F. Kovářík and **L. W. Mc Keehan.** The magnetic spectra of the β-rays of radium DE and of radium and its products, determined by the statistical method. Phys. Rev. (2) **8**, 574—578, 1916.

H. Seemann. Gleichheitsphotometer für Röntgenstrahlenhärtemesser. Phys ZS. **17**, 622—626, 1916.

David L. Webster and **Harry Clark.** A test for x-ray refraction made with monochromating rays. Phys. Rev. (2) **8**, 528—533, 1916.

F. Rinne. Einfache Demonstration der Reflexkegel beim Laue-, sowie Debye-Scherrer-Effekt mittels gewöhnlichen Lichtes. Zentralbl. f. Min. 1916, 545—553.

A. Smits and **F. E. C. Scheffer.** The Interpretation of the Röntgenograms and Röntgenspectra of Crystals. Proc. Amsterdam **19**, 432—438, 1916.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

Guy G. Becknell. On the demagnetization of iron and steel rods by strain and impact. Phys. Rev. (2) **8**, 504—527, 1916.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

W. J. de Haas and **G. L. de Haas-Lorentz.** An experiment of Maxwell and Ampère's molecular currents. Proc. Amsterdam **19**, 248—255, 1916.

B. Hague and **S. Neville.** On the wave-forms of magnetising current and flux density for a „stalloy" magnetic circuit. Electrician **78**, 44—48, 1916.

F. B. Silsbee. Inductance of conductors at close spacing. Electrician **77**, 945—946, 1916.

Ludwig Dreyfus. Über die Leitung eines Wechselflusses durch massive Joche und Pole von Dynamomaschinen. Arch. f. Elektrot. **5**, 175—214, 1916.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

J. Zenneck. Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. 4. Aufl. XX u. 543 S. Stuttgart 1916. (Preis 17 ℳ.)

Paul Caspar. Über die Kreisgebiete im elektromagnetischen Felde eines Hertzschen und eines Abrahamschen Erregers. Ann. d. Phys. (4) **51**, 649—677, 1916.

Gustav Eichhorn. Über eine Methode der Stoßerregung elektrischer Schwingungen und ihre Anwendung in der radiotelegraphischen Meßtechnik. S.-A. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 29—46, 1916.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

C. M. Hoogenboom. On the influence of an electric field on the light transmitted and dispersed by clouds. Proc. Amsterdam **19**, 415—432, 1916.

Digitized by Google

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

Karl Uller. Grundlegung der Kinematik einer physikalischen Welle von elementarer Schwingungsform. II. Phys. ZS. **17**, 610—615, 1916.

J. M. Burgers. Note on the model of the hydrogen-molecule of Bohr and Debye. Proc. Amsterdam **19**, 480—488, 1916.

Jun Ishiwara. Über die Struktur des Atomkerns. (Die Spektren des Wasserstoffs und des Heliums.) Proc. Tôkyô Math.-Phys. Soc. (2) **8**, 540—550, 1916.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

A. Trowbridge. The echelette grating. Phys. Rev. (2) **8**, 485—499, 1916.

H. Seemann. Gleichheitsphotometer für Röntgenstrahlenhärtemesser. Phys. ZS. **17**, 622—626, 1916.

Oliver J. Lee. A new double occulting sector for stellar photographs. Astrophys. Journ. **44**, 59—61, 1916.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

J. Dolder. Die Fortpflanzung des Lichtes in bewegten Systemen. 22 S. Berlin 1916.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

Carl Barus. Methods in Reversed and Non-reversed Spectrum Interferometry. Sill. Journ. (4) **42**, 402—420, 1916.

W. Mecklenburg. Über die Beziehungen zwischen Tyndalleffekt und Teilchengröße kolloidaler Lösungen. Kolloid-ZS. **16**, 97—103, 1915. [Beibl. **40**, 526, 1916.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Arthur Ehringhaus. Beiträge zur Kenntnis der Dispersion der Doppelbrechung einiger Kristalle. Neues Jahrb. f. Min. **41**. Beil.-Bd. 342—419, 1916.

H. Nagaoka. Change of Absorption in Pleochroic Crystals at the Temperature of Liquid Air. Proc. Tôkyô Math.-Phys. Soc. (2) **8**, 551—554, 1916.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

B. E. Shackelford. Temperature and blackening effects in helical tungsten filaments. Phys. Rev. (2) **8**, 470—478, 1916.

C. G. Abbot, F. E. Fowle and **L. B. Aldrich.** On the temperature and radiation of the sun. Astrophys. Journ. **44**, 39—44, 1916.

Sebastian Albrecht. Anomalous dispersion in the sun. II. Astrophys. Journ. **44**, 1—14, 1916.

Digitized by Google

Charles E. St. John and L. W. Ware. The accuracy obtainable in the measured separation of close solar lines; systematic errors in the Rowland table for such lines. Astrophys. Journ. **44**, 15—38, 1916.

Jun Ishiwara. Über die Struktur des Atomkerns. (Die Spektren des Wasserstoffs und des Heliums.) Proc. Tôkyô Math.-Phys. Soc. (2) **8**, 540—550, 1916.

H. Nagaoka. Change of Absorption in Pleochroic Crystals at the Temperature of Liquid Air. Proc. Tôkyô Math.-Phys. Soc. (2) **8**, 551—554, 1916.

A. Meyer. Die Grenzen der Lichterzeugung durch Temperaturstrahlung, das sogenannte mechanische Äquivalent des Lichtes und die jetzt gebräuchlichen elektrischen Glühlampen. Elektrot. ZS. **37**, 667—668, 1916.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Louis A. Martin, jun. Text-book of Mechanics. Vol. VI. Thermodynamics. XVIII u. 313 S. London, Chapman and Hall, Ltd., 1916. (Preis 7 s. 6 d.) *

Paul S. Epstein. Über die spezifische Wärme des Wasserstoffs. Verh. d. D. Phys. Ges. **18**, 398—413, 1916.

2. Kinetische Theorie der Materie.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

August Buchholz †. Über physikalische Einheitensysteme. Ann. d. Phys. (4) **51**, 678—684, 1916.

J. D. van der Waals. The Increase of the Quantity a of the Equation of State for Densities Greater than the Critical Density. Proc. Amsterdam **19**, 359—367, 1916.

J. J. van Laar. On the Fundamental Values of the Quantities b and $\sqrt{a}$ for Different Elements, in Connection with the Periodic System. III. Discussion of the Different Groups of Elements Separately. Proc. Amsterdam **19**, 287—295, 1916.

J. J. van Laar. On the Fundamental Values of the Quantities b and $\sqrt{a}$ for Different Elements, in Connection with the Periodic System. IV. The Elements of the Halogen-Oxygen- and Nitrogen Groups. Proc. Amsterdam **19**, 295—320, 1916.

Digitized by Google

A. P. Mathews. The relation of molecular cohesion to surface tension and gravitation, with a method of determining „a“ of van der Waals' equation without assumptions; and the explanation of the meaning of the constants in the surface tension law of Eötvös, and the latent heat formulas of Dieterici and Mills. Journ. phys. chem. **20**, 554—596, 1916.

F. G. Keyes and R. B. Brownlee. The Thermodynamic Properties of Ammonia. V u. 73 S. New York, John Wiley and Sons; London, Chapman and Hall, Ltd., 1916. (Preis 4 s. 6 d.)

F. M. Jaeger. Investigations on the Temperature-coefficients of the Free Molecular Surface-Energy of Liquids between — 80° and 1650° C: XVII. The relations between the Molecular Cohesion of Liquids at their Melting- and Boiling-points, and their absolute Melting- and Boiling-temperatures respectively. Proc. Amsterdam **19**, 405—415, 1916.

F. C. Brown. The frequent bursting of hot water pipes in household plumbing systems. Phys. Rev. (2) **8**, 500—503, 1916.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

Paul S. Epstein. Über die spezifische Wärme des Wasserstoffs. Verh. d. D. Phys. Ges. **18**, 398—413, 1916.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

1 B. Planeten und Monde.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

P. Über die wirkliche Form der Ringnebel. (Sc. Amer. S 659, 1916.) Prometheus **28**, 128, 1916.

H. Kobold. Bemerkungen zur Untersuchung der Eigenbewegungen der Nebelflecke. Astr. Nachr. **203**, 300—306, 1916.

H. Seeliger. Über die Eigenbewegungen der Nebelflecke. Astr. Nachr. **203**, 306—311, 1916.

C. Wirtz. Die Trift der Nebelflecke. (Zweite Mitteilung.) Astr. Nachr. **203**, 293—300, 1916.

1 D. Die Sonne.

Cambridge, University, Solar physics observatory. Third annual report of the director, 1915 April 1 — 1916, March 31. [Cambridge 1916.] 8 p. 28 cm.

Wilhelm Krebs. Überaus heftige Sonnentätigkeit 1916. Astr. Nachr. **203**, 291—292, 1916.

E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

F. Schmid. Zodiakallicht und Dämmerungsschein. Astr. ZS. 1916, Nr. 11.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Richard Assmann in Gießen. Nachruf für Henryk Mohn. Wetter **33**, 241—246, 1916.

Robert Henry Scott. Dublin, 28th January, 1833 — London, 18th June, 1916. [Obituary]. Symons Met. Mag. **51**, 81—83, 1916.

Frederic S. Lee. Recent progress in our knowledge of the physiological action of atmospheric conditions. Science New York **44**, 183—190, 1916.

E. V. Newnham. B. Sc. Fr. R. Met. Soc. The persistence of wet and dry weather. [Abstract.] (Published in Quart. J. of the Roy. Met. Soc. London, July 1916 **42**, 153—162.) Month. Weather Rev. **44**, 393, 1916.

Digitized by Google

H. Becker. Die Enträtselung des Wettergeheimnisses eine vollendete Tatsache. 8°. I. Teil: 47 S. II. Teil: 24 S. m. 1 Taf. Worms 1916. L. Th. Bros. (Preis I 120 ℳ, II 1,50 ℳ.) *

Sound propagating and zones of silence. Sc. Amer. supple. New York **82**, p. 139, 1916. [From Engineering.]

Prof. Dr. **A. Gockel** in Freiburg (Schweiz). Das Singen der Telegraphendrähte. Wetter **33**, 263, 1916.

Onweers-waarneming door den heer A. J. Alders te Apeldoorn op 27 Juni 1916. Hemel en Dampkring 1916, October.

A. J. Monné. Verband tusschen het weer en de houding van schoolkinderen. Hemel en Dampkring. Den Haag **14**, 33—37, 1916.

Otto Meißner in Potsdam. Bemerkenswerte Witterungsereignisse der letzten Jahre (1908—1914). Fortsetzung aus Heft 9. Wetter **33**, 263—264, 1916.

Nemerchi. Observatoire géophysique Morroff à Nijni-Oltchedaeff. Marche des élements météorologiques en 1915. [In Russian & French.] [Nemerchi 1916.]. chart. 50 × 76 cm.

Amur. Meteorologicheskago biuro. Izviestiia vypusk 3, 1915 q. Blagovieshchensk 1915. 2 p. I, 164 p. $25^1/_2$ cm.

Weather conditions on the North Atlantic during, July 1915.. Month. Weather Rev. **44**, 419—420, 1916.

P. C. Day. Climatologist and Chief of Division. The Weather of the Month, July 1916. Month. Weather Rev. **44**, 417—418, 1916.

Prof. **G. von Elsner.** Übersicht über die Witterung in Zentraleuropa im September 1916. Wetter **33**, 254—255, 1916.

Die Witterung an der deutschen Küste im Oktober 1916. Ann. d. Hydr. **44**, 613—616, 1916.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Griffith Taylor, Physiographer. Initial investigation in the upper air of Australia. Month. Weather Rev. **44**, 384, 1916.

C. A. C. Nell. Naar aanleiding van Dr. Braak's: Drachen-, Freiballon- und Fesselballon-Beobachtungen. Tijdschr. Nederl. Aardr. Genootsch. 1916, No. 6 (Nov.).

A. Kopfmüller in Friedrichshafen. Die aerologischen Arbeiten der Drachenstation am Bodensee im Oktober 1916. Wetter **33**, 257—258, 1916.

Karl Scholtz in Lindenberg. Die Erscheinungen der höheren Luftschichten über Lindenberg im Oktober 1916. Wetter **33**, 255—256, 1916.

Die Temperatur der oberen Luftschichten im Oktober 1916. Preuß. Aeronautisches Observatorium Lindenberg und Drachenstation am Bodensee in Friedrichshafen. Karten-Beilage zu Wetter **33**, Heft 11, 1916.

2 A_3. Luftfahrt und Flugwesen.

O. Prochnow. Flieger-Wetterkunde. Kurz gefaßte Darstellung der Physik des Luftmeeres und der Wetterkunde in Beziehung zum Flugwesen. Mit Zeichnungen von H. Bohn, A. Linden, G. Oelbermann, H. Osterloh, H. Pelzer und d. Verfasser. 8°. III, 32 S. Mannheim 1916. F. Nemnich. *

Alexander McAdie. Aviation and aerography. Aviation et Aeron. Engineer. New York **1**, 8—11, 1916.

Privatdozent Dr. **R. Wenger** in Leipzig. Bemerkung zur Abhandlung des Herrn W. Immler in Elsfleth: „Die Bestimmung von Windrichtung und -stärke im fahrenden Flugzeug. Ann. d. Hydr. **44**, 607—608, 1916.

W. Immler in Elsfleth. Zu der Bemerkung des Herrn Dr. R. Wenger, Leipzig: Über die Bestimmung von Windrichtung und -stärke im fahrenden Flugzeug. Ann. d. Hydr. **44**, 608, 1916.

Digitized by Google

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

Frank W. Very. Atmospheric transmission. Science New York **44**, 168—171. 1916.

L. Weber. Die Albedo des Luftplanktons. Ann. d. Phys. 1916, Nr. 20.

2 C_1. Lufttemperatur.

Alfred Angot. On the variability of temperature. (Sur la variabilité des températures. C. R. Acad. agric. de France Paris Déc. 22, 1915, **1**: 789—792. Translated by W. G. Reed.) Month. Weather Rev. **44**, 392, 1916.

J. P. van der Stok. Bijdrage van de kennis van het klimaat van Nederland. De temperatuur van lucht en zee. Tijdschr. Nederl. Aardr. Genootsch. 1916, No. 6 (Nov.).

2 C_2. Strahlung.

Herbert H. Kimball, Professor of Meteorology. Solar and sky radiation measurements during July 1916. Month. Weather Rev. **44**, 382—383, 1916.

C. G. Abbot. The radiation of the sun. Annual Rep. Smithson. Inst. 1914.

2 D. Luftdruck.

2 E. Winde und Stürme.

Alexander George McAdie. The winds of Boston and vicinity. Cambridge 1916. 1 p. I, 211—231 p. 6 pl. 30 cm. (Repr. from Ann. of Harvard College obs. **73**, pl. 3.)

Isaac M. Cline, District Forecaster. The tropical hurricane of July 5, 1916 in Louisiana. Month. Weather Rev. **44**, 403—404, 1916.

J. H. Scott, Meteorologist. South Carolina hurricane of July 13—14, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 404—406, 1916.

Albert Ashenberger, Meteorologist. Hurricane of July 5—6, 1916, at Mobile, Ala. Month. Weather Rev. **44**, 402—403, 1916.

William F. Reed Jr., Local Forecaster. Hurricane of July 5, 1916, at Pensacola, Fla. Month. Weather Rev. **44**, 400—402, 1916.

S. W. Visser. Hoos in den avond van 29. Augustus 1916. Hemel en Dampkring 1916, Oktober.

2 F. Wasserdampf.

L. H. Die Verdunstungsgröße freier Wasserflächen. Naturwissensch. Wochenschr., S. 458, 1916. Prometheus **28**, 158—159, 1916.

Benjamin C. Kadel and **Cleveland Abbe jr.** Water evaporation studies by Weather Bureau. Engineer-News New York **76**, 200—201, 1916.

2 G. Niederschläge.

Dr. **Gustav Hellmann,** Direktor [Königl. preuß. Met. Inst. 1915.] (Translated for the Month. Weather Rev. C. A. jr.) Classification of the hydrometeors. Month. Weather Rev. **44**, 385—392, 1916.

Dr. **August Thraen,** z. Zt. im Felde. Der Einfluß der Niederschlagsnotierung auf die monatlichen und jährlichen Werte des Niederschlages. (Schluß.) Wetter **33**, 246—254, 1916.

Haedicke. Verdunstung und Niederschläge. Vgl. „Der Wasserstand der Grunewaldseen bei Berlin. Prometheus **27**, 1399, S. 751; **28**, 173—174, 1916.

Prof. Dr. **C. Kaßner.** Vermehrt die Edertalsperre den Hagelfall? Wetter **33**, 261—262, 1916.

Digitized by Google

India Meteorological department. Statement of rainfall and snowfall in January and February 1916, and a comparison of the seasonal forecast with the actual precipitation. [Simla 1916..] 2 p. 33 cm.

H. A. Hunt, Melbourne. Results of rainfall observations made in New South Wales during 1909—1914. Including yearly totals at 167 stations, also maps, diagrams, and complete monthly total rainfall at 2,067 stations for all years of record; also results of meteorological elements and normals at Sydney from 1840. 1916. 224 p. plates. $29^1/_2$ cm.

D. J. Mares. New South Wales rainfall. (Repr. from pp. 20—21 of „Results of rainfall observations made in New South Wales during 1909—1914, by H. A. Hunt, Commonwealth Meteorologist". Melbourne 1916. 224 p. plates. $29^1/_2$ cm. (Australia Commonwealth Bureau of Meteorology.) Month. Weather Rev. **44**, 393—395, 1916.

Carmelo Colamonico. La piogyia a Bari. Bari 1915. 99 p. $25^1/_2$ cm. (Studi corologici sulla Puglia, 3.)

G. von Elsner. Niederschlagsmengen in Zentral-Europa in Millimetern. September 1916. Karten-Beilage zu Wetter **33**, Heft 11, 1916.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

F. Courty. Observations des orages de 1915 dans les départements de la Gironde et partie de la Dordogne. Expérience des paragrèles électriques. Bordeaux 1916. 40 p. 24 cm. (Extrait du Bull. de la Com. mét. de la Gironde, année 1915.

E. Mathias. Sur trois observations d'éclairs en boule faites au sommet du Puy de Dôme. Ann. d. phys. **5**, 365—366, 1916.

La protection contre la foudre. La Nature **44**, 62—64, 1916.

2 I. Meteorologische Optik.

C. Jensen. Die neutralen Punkte von Arago und Babinet in Hamburg und an einigen anderen Orten. 8^0. 80 S. m. 8 Fig. Hamburg 1916, O. Meißner. *

2 K. Synoptische Meteorologie.

Prof. Dr. **Franz Göschl** in Parsch bei Salzburg. Nachweis von Hochdruckwanderungen aus Tabellen über Maximum-Typen. Wetter **33**, 242—246, 1916.

R. Dietzius. Darstellung der Vektorfelder von Gebieten hohen und tiefen Luftdruckes mit Hilfe von Vektorkomponenten. Sitzber. Akad. d. Wiss. Wien 1915, Abt. IIa, **124**, 9. Heft.

2 L. Dynamische Meteorologie.

Geophysikalisches Istitut der Universität Leipzig: Veröffentlichungen, herausgegeben von V. Bjerknes. 1. Serie: Synoptische Darstellung atmosphärischer Zustände. Jahrgang 1911, Heft 1. Zustand der Atmosphäre über Europa am 1., 2. und 3. März 1911. R. Wenger: A. Karten und graphische Darstellungen. Qu. Fol. 47 Bl. B. Erläuterungen und Tabellen. 8^0. 31 S. Leipzig 1916.

2 M. Praktische Meteorologie.

Dr. **F. Drewes** in Berlin. Der Einfluß der isländischen Tiefs auf das Wetter in Deutschland. Wetter **33**, 258—260, 1916.

H. C. Frankenfield, Supervising Forecaster. Forecasts and warnings for July 1916. Month. Weather Rev. **44**, 396—399, 1916.

Digitized by Google

Weather forecasting in the United States. Ref.: United States Weather Bureau. Weather forecasting in the United States. By a board composed of Alfred J. Henry, chairman, Edward H. Bowie, Henry J. Cox, Harry C. Frankenfield. Washington 1916. 370 p. 199 figs. fr. p. 4^0. (Weather Bureau number 583.) Month. Weather Rev. **44**, 392, 1916. (Price s. 0,85.) *

2 N. Kosmische Meteorologie.

2 O. Meteorologische Apparate.

Dr. **Grossmann** in Hamburg, Deutsche Seewarte. Die Psychrometerformel. Ann. d. Hydr. **44**, 577—599, 1916.

2 P. Klimatologie.

Dr. **Wilhelm Eckhardt** in Essen. Pflanzengrenzen in Europa in ihrer Abhängigkeit von Wetter- und Klimascheiden sowie vom Klimacharakter. Peterm. Mitt. **62**, 415—416, 1916.

O. Baschin. Henrik Mohn: Klima von Framheim. ZS. d. Ges. f. Erdkde. Berlin 1916, Nr. 8.

F. Bachmann. Klimatabellen aus Elisabethville in Katanga. Mitt. a. d. Deutsch. Schutzgeb. 1916, **29**, Heft 3.

C. Schuchert. Climates of geological time. Annual Rep. Smithson. Inst. 1914.

Condensed climatological summary, July 1916. Month. Weather Rev. **44**, 421—429, 1916.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

Fernando de Montessus de Ballore. Historia sismica de los Andes Meridionales al sur del Paralelo XVI. Sexta parte: Adiciones areas de destruccion y de sacudimiento. Santiago-Valparaiso 1916. 86 p. $25^1/_2$ cm.

W. J. Humphreys, Professor in Charge. Seismological reports for July 1916. Month. Weather Rev. **44**, 411—415, 1916.

Seismological dispatches, July 1916. Month. Weather Rev. **44**, 415, 1916.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

R. Swinne. Zur Absorption solarer positiver (Nordlicht) Strahlen in der Erdatmosphäre. Phys. ZS. 1916, Nr. 21.

3 H. Niveauveränderungen.

Digitized by Google

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Prof. Dr. **A. Merz.** Das Meerwasser. S.-Abdr. aus Handbuch der Balneologie, Medizinische Klimatologie und Balneographie. Bd. I, Kap. III. 8°. S. 386—422. Leipzig 1916, Georg Thieme. Ref.: W. Brennecke. Ann. d. Hydr. **44**, 610, 1916.

Alois Müller. Theorie der Gezeitenkräfte. Sammlung Vieweg, Heft 35. 8°. 81 S., 17 Abbild. Braunschweig 1916, Friedr. Vieweg & Sohn. Ref.: Wegemann. Ann. d. Hydr. **44**, 610, 1916.

Dr. **Bruno Schulz.** Berechnung der Druck- und Massenverteilung im Meere. Ann. d. Hydr. **44**, 608—610, 1916.

E. Brückner. Einige Ergebnisse der österreichischen Adriaforschung (15. Heft, 56. Jahrg. d. „Vorträge d. Vereins z. Verbreitg. naturwiss. Kenntn. Wien"). 8°. 27 S. m. 4 Abbild. Wien 1916, W. Braumüller & Sohn. (Preis 0,80 ℳ.)

Ch. Gravier. Recent oceanographic researches. Annual Rep. Smithson. Inst. 1914.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

R. E. Liesegang. Zur Theorie der heißen ungarischen Salzseen. Internat. Rev. d. gesamt. Hydrobiol. usw. 1916, **7**, Heft 6.

G. Götzinger. Neuere Ergebnisse österreichischer Alpenseeforschung (4. Heft, 56. Jahrg. d. Vorträge d. Vereins z. Verbreitg. naturwiss. Kenntn. Wien). 8°. 19 S. Wien 1916, W. Braumüller & Sohn. (Preis 0,60 ℳ.)

Henry F. Alciatore, Meteorologist. A method of forecasting the maximum summer level in Lake Tahoe from one to four months in advance. Month. Weather Rev. **44**, 407—409, 1916.

Floyd D. Young, Assistent Observer. Annual rise in the Columbia river. Abstr. Month. Weather Rev. **44**, 409—410.

Alfred J. Henry, Professor in Charge. Rivers and floods, July 1916. Month. Weather Rev. **44**, 407, 1916.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **30. Januar 1917.** **Nr. 2.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekanntgeben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 2 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 15. Januar 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Alfred Kleiner, 1879—1916 Professor für Physik und Direktor des Physikalischen Instituts an der Universität Zürich. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 13—16, 1916.

M. von Rohr. Zur Brillenherstellung vor 300 Jahren. D. Opt. Wochenschr. 1917, 1—5.

M. von Rohr. Die Entwicklung des Monokels. Die Naturwissenschaften **5**, 5—9, 1917.

M. D. Hensey. Note on a relation connecting the derivatives of physical quantities. Journ. Washington Acad. **6**, 620—629, 1916.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

E. Grünholz. Aus der Praxis der physikalischen Schülerübungen. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **47**, 440—454, 472—477, 557—566, 1916.

W. Finke. Über das kreisförmige Billard (Katakaustik für innere Kreispunkte. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **47**, 571—573, 1916.

Donle. Anordnung zur Vorführung der Wirkung von Kräftepaaren. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 313—314, 1916.

J. Friedrich. Apparat zur Lehre vom physischen Pendel. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 316—317, 1916.

J. Friedrich. Einfaches Modell einer Zentrifugalpumpe. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 317—318, 1916.

W. Kodweiß. Ein leicht herstellbares Wasserbarometer. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 316, 1916.

J. Friedrich. Die Ablenkung der Passate. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 318, 1916.

Digitized by Google

Donle. Optische Darstellung der Schwingungen der Telephonschallplatte. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 299—304, 1916.

Karl Rosenberg. Versuche mit verbesserten Gabelelektroskopen. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 285—299, 1916.

H. Cassebaum. Ein Widerstandssatz für vielseitige Verwendung eines Galvanometers. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 338—339, 1916.

O. Losehand. Benutzung von Schalttafelinstrumenten bei anderer als der gewöhnlichen Stromquelle. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 315—316, 1916.

J. Friedrich. Eine Wirkung des Erdmagnetismus. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 318—319, 1916.

Alois Lanner. Die einfache Linsenformel im Unterricht. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 305—308, 1916.

G. Plischke. Selbstherstellung von Beugungsgittern. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 319—320, 1916.

H. Gepp. Ausdehnung durch die Wärme und Glühtemperatur. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 319, 1916.

J. Friedrich. Ein Versuch mit dem Papinschen Topf. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 318, 1916.

Ullrich. Die Wärmeleitfähigkeit des Wassers. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **47**, 573—574, 1916.

3. Maß und Messen.

Toyojiro Kameda. Über zwei Probleme in der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Proc. Tokyo Math.-Phys. Soc. (2) **8**, 556—564, 1916.

Karl Gey. Der Gang von Taschenuhren. ZS. f. phys. Unterr. **29**, 331—333, 1916.

F. Rode. Beutel- und Membranmeßdose. Diss. Aachen 1915. [Beibl. **40**, 553, 1916.

O. A. Åkesson. On the Dissection of Correlation Surfaces. Arkiv för Mat., Astron. och Fysik **9**, Nr. 16, 18 S., 1916.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Aug. Föppl. Vorlesungen über technische Mechanik. 1. Band. Einführung in die Mechanik. 5. Aufl. Mit 104 Figuren im Text. XVI u. 431 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1917. (Preis 9,20 ℳ, geb. 10 ℳ, mit Teuerungszuschlag 11 ℳ.)

L. M. Hoskins. Is dynamics a physical science. Science (N. S.) **44**, 609—610, 1916.

W. Brunner. Anwendung des Flächensatzes zum Nachweis der Erddrehung. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **47**, 550—556, 1916.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Wilh. F. C. Arndt. Die Torsion von Wellen mit achsensymmetrischen Bohrungen und Hohlräumen. 75 S. Diss. Göttingen 1916.

6. Hydromechanik.

V. Bjerknes. Über Wellenbewegungen in kompressiblen, schweren Flüssigkeiten. Abh. Sächs. Ges. d. Wiss., Math.-phys. Kl. **35**, Nr. 2, 31 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1916.

7. Kapillarität.

8. Aeromechanik.

Digitized by Google

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

J. Würschmidt. Über singende und empfindliche Flammen. Verh. d. D. Phys. Ges. **18**, 444—466, 1916.

2. Physiologische Akustik.

J. B. Flowers. Die wahre Natur der Sprache; mit einer Anwendung auf eine durch die Stimme betriebene, ein phonographisches Alphabet schreibende Maschine. Proc. Amer. Electr. Eng. **35**, 183—201, 1083—1099, 1916. [Beibl. **40**, 560—561, 1916.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

William C. Mc C. Lewis. A System of Physical Chemistry. 2 Bände. XIV u. 523; VII u. 552 S. New York, Longmans, Green and Co., 1916. (Preis jeder Band 2,50 $.) *

Hugo Kauffmann. Die neueren Forschungen der Valenzlehre. Die Naturwissenschaften **5**, 17—23, 1917.

F. W. Clarke, T. E. Thorpe, G. Urbain. Annual report of the international committee on atomic weights, 1917. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2219—2221, 1916.

B. Smith Hopkins and **Clarence W. Balke.** The purification and atomic weight of yttrium. (Second paper). Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2332—2347, 1916.

Irving Langmuir. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I. Solids. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2221—2295, 1916.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

B. B. Wroth and **E. Emmet Reid.** The solubilities of liquids in liquids. The partition of the lower alcohols between water and cottonseed oil. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2316—2325, 1916.

William Noland Henderson and **Hugh Stott Taylor.** Neutral salt action on acid solubilities. Journ. phys. chem. **20**, 663—679, 1916.

Håken Sandqvist. Anisotropie, Viskosität und Leitvermögen der Wasserlösungen von 10-Bromphenanthren-3- oder -6-sulfosäure. Arkiv för Kem., Min. och Geol. **6**, Nr. 9, 38 S., 1916.

Arne Westgren. Bestimmungen der Kompressibilität disperser Systeme. Arkiv för Mat., Astron. och Fysik **11**, Nr. 8, 31 S., 1916.

Arne Westgren. Die Veränderungsgeschwindigkeit der lokalen Teilchenkonzentration in kolloiden Systemen. (Erste Mitteilung.) Arkiv för Mat., Astron. och Fysik **11**, Nr. 14, 24 S., 1916.

Karl Schaum. Über eine Wirkung partieller Quellung an Gelatineschichten ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 154—156, 1916.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

F. Kohlrausch und **L. Holborn.** Das Leitvermögen der Elektrolyte, insbesondere der wäßrigen Lösungen, Methoden, Resultate und chemische Anwendungen. 2. Aufl. Mit in den Text gedruckten Figuren und einer Tafel. XV u. 237 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1916. (Preis 7,50 ℳ, geb. 8,75 ℳ, mit Teuerungszuschlag 9,75 ℳ.) *

Digitized by Google

Edward W. Washburn. The measurement of electrolytic conductivity. I. The theory of the design of conductivity cells. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2431—2460, 1916.

James Kendall. Review: the preparation of conductivity water. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2460—2466, 1916.

N. Edward Loomis and **Merle R. Meacham.** A study of the tenth-normal hydrochloric acid calomel electrode. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2310—2316, 1916.

G. A. Linhart. The potential of the mercury electrode against mercurous ion. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2356—2361, 1916.

N. Edward Loomis and **S. F. Acree.** The effect of pressure upon the potential of the hydrogen electrode. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2391—2396, 1916.

E. B. Rosa und **G. W. Vinal.** Der Volumeffekt beim Silbervoltameter. Journ. Franklin Inst. **182**, 106—107, 1916. [Chem. Zentralbl. 1916, **2**, 1102—1103.

Mortimer J. Brown. A new method for the study of silver peroxynitrate. Journ. phys. chem. **20**, 680—700, 1916.

P. Debye. Konzentrationselement und Brownsche Bewegung. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 18—19, 1916.

W. A. Taylor and **S. F. Acree.** Studies in the measurement of the electrical conductivity of solutions at different frequencies. V. Investigations of the use of the Vreeland oscillator and other sources of current for conductivity measurements. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2396—2403, 1916.

W. A. Taylor and **S. F. Acree.** Studies in the measurement of the electrical conductivity of solutions at different frequencies. VI. Investigations on bridge methods, resistances, cells, capacities, inductances, phase relations, precision of measurements, and a comparison of the resistances obtained by the use of inductance and capacity bridges. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2403—2415, 1916.

W. A. Taylor and **S. F. Acree.** Studies in the measurement of the electrical conductivity of solutions at different frequencies. VII. Investigations on the true and apparent resistances, voltage, apparent capacity, size and character of electrodes, ratio of inductance changes to resistance changes, and the relation of induction and capacity to frequency. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2415—2430, 1916.

Robert Kremann, Rudolf Schadinger und **Richard Kropsch.** Zur elektrolytischen Abscheidung von Legierungen und deren metallographische Untersuchung. VII. Mitteilung. Versuche zur Darstellung kathodischer funkender Abscheidungen aus glycerinhaltigen Eisensalzlösungen bei Zusatz anderer Salze, im besonderen von Cerochlorid. Wien. Anz. 1916, 311.

4. Photochemie.

5. Thermochemie.

Hugh Stott Taylor. The thermodynamic properties of silver and lead iodides. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2295—2310, 1916.

Gilbert N. Lewis and **Merle Randall.** The free energy of bromine compounds. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2348—2356, 1916.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

A. B. Dobrowolski. Les cristaux de glace. Arkiv för Kem., Min. och Geol. **6**, Nr. 7, 53 S., 1916.

George K. Burgess and **H. Scott.** Thermoelectric measurement of the critical ranges of pure iron. Journ. Washington Acad. **6**, 650—651, 1916.

Digitized by Google

Harry B. Weiser. The physical character of precipitated lead molybdate and its importance in the estimation of molybdenum and lead. Journ. phys. chem. **20**, 640—662, 1916.

J. Czochralski. Die Metallographie des Zinns und die Theorie der Formänderung bildsamer Metalle. Metall u. Erz, N. F. der „Metallurgie" **13**, 381—393, 1916. [Chem. Zentralbl. 1916, **2**, 1113.

G. Aminoff. Kristallographische und optische Beobachtungen an einigen organischen Verbindungen. Arkiv för Kem., Min. och Geol. **6**, Nr. 4, 15 S., 1916.

L. A. Keane. Plaster of Paris. Journ. phys. chem. **20**, 701—723, 1916.

A. A. Klein. The constitution and microstructure of porcelain. Journ. Washington Acad. **6**, 658—660, 1916.

F. D. Chattaway. The crystallization of calcium tartrate. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2519—2522, 1916.

Paul Niggli. Gleichgewichte zwischen TiO_2 und CO_2, sowie SiO_2 und CO_2 in Alkali-, Kalk-Alkali und Alkali-Aluminatschmelzen. ZS. f. anorg. Chem. **98**, 241—326, 1916.

M. Rózsa. Über die posthumen Einlagerungen im Hauptanhydrit. ZS. f. anorg. Chem. **98**, 327—332, 1916.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

W. J. de Haas. Weitere Versuche über die Realität der Ampèreschen Molekularströme. Verh. d. D. Phys. Ges. **18**, 423—443, 1916.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

H. Rubens. Über Reflexionsvermögen und Dielektrizitätskonstante einiger amorpher Körper. Berl. Ber. 1916, 1280—1293.

4. Maße und Meßinstrumente.

5. Apparate.

H. Greinacher. Eine neue Hochspannungsbatterie. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 63—69, 1916.

Chr. Ries. Die Selenzelle im Dienste der Photographie. ZS. f. Feinmech. **25**, 1—2, 1917.

Wm. Tschudy. Meßverfahren und Definitionen für den Quecksilberdampf-Gleichrichter. Elektrot. ZS. **37**, 6—8, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

George K. Burgess and **H. Scott.** Thermoelectric measurement of the critical ranges of pure iron. Journ. Washington Acad. **6**, 650—651, 1916.

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

Digitized by Google

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

O. W. Richardson. The Emission of electricity from hot bodies. 311 S. London, Longmans, 1916. (Preis 9 s.)

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

Handbuch der Radiologie. Unter Mitwirkung von A. Bestelmeyer u. a., herausgegeben von Erich Marx. 4. Band. Kanalstrahlen und Ionisation bei hohen Temperaturen [Wilh. Wien: Kathodenstrahlen; August Hagenbach: Lichtbogen; Owen W. Richardson: Glühelektroden (mit einer Ergänzung des Herausgebers); Erich Marx: Flammenleitung]. XXIII u. 806 S. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1917. (Preis 48 ℳ, geb. 50 ℳ.)

N. Akesson. Über die Geschwindigkeitsverluste bei den langsamen Kathodenstrahlen und über deren selektive Absorption. Lund Arsskr. 1916, IV u. 46 S.

C. v. Kühne. Theorie der Streuung positiver Strahlen bei ihrem Durchgang durch Gase. 53 S. Freiburg 1915.

Stefan Meyer und **Fritz Paneth.** Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 96. Notiz über die Zerfallskonstante des Radiothors. Wien. Anz. 1916, 311.

Alex. Müller. Zerstreuung von Röntgen- und γ-Strahlen. (Beitrag zu einer Übersicht.) Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 119—125, 1916.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

M. Jacobsohn. Die Magnetisierungskoeffizienten der Kupferlösungen im Lichte der Magnetontheorie. 51 S. Zürich 1916.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

W. J. de Haas. Weitere Versuche über die Realität der Ampèreschen Molekularströme. Verh. d. D. Phys. Ges. **18**, 423—443, 1916.

Désiré Korda. Die Mehrphasen-Konsonanz. (Zur Theorie der statischen Frequenzumwandler.) Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 75—89, 1916.

K. Kuhlmann. Magnetische Streuung, ihre physikalische und technische Bedeutung. 19 S. Zürich 1916.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

Gustav Eichhorn. Über eine Methode der Stoßerregung elektrischer Schwingungen und ihre Anwendung in der radiotelegraphischen Meßtechnik. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 29—46, 1916.

Alwin Römholm. Wellenlichtbogen im Äther. Arkiv för Mat., Astron. och Fysik **11**, Nr. 4, 46 S., 1916.

Hans Keller. Kapazitätsbestimmungen von ein- und mehrlagigen Spulen verschiedener Wicklungsart. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 70—74, 1916.

Franz Anderle. Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, allgemein verständlich und mit besonderer Berücksichtigung der Praxis. 3. Aufl. Mit 233 Figuren. X u. 342 S. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1916. (Preis 9 ℳ.)

Digitized by Google

J. Zenneck. Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. 4. Aufl. XX u. 543 S. Mit 495 Textabbildungen und zahlreichen Tabellen. Stuttgart, F. Enke, 1916. (Preis 17 ℳ, geb. 19 ℳ.) *

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

Max Volmer. Die Abhängigkeit des lichtelektrischen Leitvermögens von der Wellenlänge. (HgJ_2 rot; J_2.) ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 152—154, 1916.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

A. Einstein. Zur Quantentheorie der Strahlung. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 47—62, 1916.

M. v. Laue. Mathematische Betrachtungen über die Beugungserscheinungen an vielen unregelmäßig verstreuten Teilchen. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 90—102, 1916.

H. Rubens. Über Reflexionsvermögen und Dielektrizitätskonstante einiger amorpher Körper. Berl. Ber. 1916, 1280—1293.

Leo Graetz. Das Licht und die Farben. Einführung in die Optik. Sechs Vorlesungen, gehalten im Volkshochschulverein München. 4. Aufl. (15. bis 20. Tausend.) Mit 100 Abbildungen. V u. 130 S. Leipzig, Verlag von B. G. Teubner, 1916. (Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt, 27. Bändchen.) (Preis 1,20 ℳ, geb. 1,50 ℳ.) *

Wilh. Ostwald. Die Farbenfibel. Mit 8 Zeichnungen und 192 Farben. VII u. 45 S. Leipzig, Verlag Unesma, 1917. (Preis geb. 10 ℳ.) *

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

F. Baeschlin. Untersuchung über den Einfluß elliptischer Form der Horizontalachszapfen eines Theodoliten mit y-förmigen Lagern auf die Horizontalwinkelmessungen. ZS. f. Instrkde. **36**, 285—293, 1916.

M. v. Rohr. Die Entwicklung des Monokels. Die Naturwissenschaften **5**, 5—9, 1917.

Wilhelm Volkmann. Die numerische Apertur eines Mikroskopes und ihre Messung. D. Opt. Wochenschr. 1915/16, 832—834.

K. Hoecken. Mechanismus zur automatischen Einstellung konjugierter Objekt- und Bildpunkte. ZS. f. Instrkde. **36**, 294—295, 1916.

H. Schulz. Zur Theorie der Polarisationsprismen. S.-A. Zentral-Ztg. f. Opt. u. Mech. **37**, Heft 33 u. ff., 6 S., 1916.

W. Gyllenberg. Justierungsmethode für parallaktische Instrumente. Arkiv för Mat., Astron. och Fysik **11**, Nr. 6, 12 S., 1916.

Adolf Hnatek. Eine automatische Aufziehvorrichtung für die Triebwerke astronomischer Fernrohre. ZS. f. Instrkde. **36**, 295—297, 1916.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

M. Wolfke. Zu Abbeschen Abbildungsversuchen. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 139—144, 1916.

H. Rubens. Über Reflexionsvermögen und Dielektrizitätskonstante einiger amorpher Körper. Berl. Ber. 1916, 1280—1293.

Digitized by Google

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

M. v. Laue. Mathematische Betrachtungen über die Beugungserscheinungen an vielen unregelmäßig verstreuten Teilchen. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 90—102, 1916.

Franz Tank. Vorschlag einer optischen Methode zur Größenbestimmung ultramikroskopischer Teilchen von Kugelform. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 134—138, 1916.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

G. Aminoff. Kristallographische und optische Beobachtungen an einigen organischen Verbindungen. Arkiv för Kem., Min. och Geol. **6**, Nr. 4, 15 S., 1916.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

K. W. Meissner. Die Gesetzmäßigkeiten im Neon- und Argonspektrum Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 112—116, 1916.

H. Rubens. Über Reflexionsvermögen und Dielektrizitätskonstante einiger amorpher Körper. Berl. Ber. 1916, 1280—1293.

Arvid Odencrants. Untersuchungen über Intensitäts- und Intermittenzschwächung. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 125—140, 1916.

W. W. Coblentz und **W. B. Emerson.** Energieverteilung im sichtbaren Spektrum einer Acetylenflamme. Journ. Franklin Inst. **181**, 849—850, 1916. [Chem. Zentralbl. 1916, **2**, 1113—1114.

J. Lifschitz. Studien über Chromophorfunktion II. Zur Methodik der Absorptionsmessungen. III. Bemerkungen über die Vorausberechnung des Absorptionsvermögens. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 140—152, 1916.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Simon Ratnowsky. Über die absolute Entropie starrer rotierender Gebilde. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 126—133, 1916.

V. Bjerknes. Über thermodynamische Maschinen, die unter Mitwirkung der Schwerkraft arbeiten. Mit 4 Figuren im Text. Abh. Sächs. Ges. d. Wiss., Math.-phys. Kl. **35**, Nr. 1, 33 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1916.

2. Kinetische Theorie der Materie.

P. Debye. Konzentrationselement und Brownsche Bewegung. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 19—28, 1916.

Arne Westgren. Bestimmungen der Kompressibilität disperser Systeme. Arkiv för Mat., Astron. och Fysik **11**, Nr. 8, 31 S., 1916.

Digitized by Google

Arne Westgren. Die Veränderungsgeschwindigkeit der lokalen Teilchenkonzentration in kolloiden Systemen. (Erste Mitteilung.) Arkiv för Mat., Astron. och Fysik **11**, Nr. 14, 24 S., 1916.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

Edgar Meyer. Über den Wilsonschen Kondensationsversuch bei Temperaturen unter 0^0 C. Mitt. Phys. Ges. Zürich Nr. 18, 117—118, 1916.

A. B. Dobrowolski. Les cristaux de glace. Arkiv för Kem., Min. och Geol. **6**, Nr. 7, 53 S., 1916.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

E. F. van de Bakhuyzen and **J. E. Vos van Steenwijk.** On the peculiar anomaly occurring in the transit-observations with the Leiden meridian-circle during the years 1864—1868. Proc. Amsterdam **19**, 345—359, 1916.

1 B. Planeten und Monde.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

1 D. Die Sonne.

Carl Störmer. Researches on solar vortices. Astrophys. J. **43**, 347—402. 1 Tafel. 1916.

K. Birkeland. Are the solar corpuscle rays that penetrate into the earth's atmosphere negative or positive rays? Christiania 1916. 8°. 27 S. S.-A. Videnskaps-Selskapets Skrifter, I., Mat. naturw. Kl. 1916.

Dr. **A. Defant.** Über Diffusion und Absorption in der Sonnenatmosphäre. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss., Math.-nat. Kl., Abt. IIa **125**, 6. Heft.

1 E. Kometen.

Joh. Holetschek. Untersuchungen über die Größe und Helligkeit der Kometen und ihrer Schweife. V. Die minderhellen periodischen Kometen. Wien. Anz. 265—268, 1916.

1 F. Meteore und Meteoriten.

Fridtjof Le Coultre. Contribution à l'étude physique des étoiles filantes. Bull. de la Soc. Vaud. des Sc. Nat. **51**, 173—216, 1916.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 Al. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Karl Sapper. E. Lottermoser †. Met. ZS. **33**, 460—461, 1916.

V. Laska, Prag. Über Bestimmung von Perioden. Met. ZS. **33**, 446—455, 1916.

Wilhelm Schmidt. Zur „Glättung" von Wertereihen und Kurven. Met. ZS. **33**, 455—460, 1916.

T. M. Longstreth. Reading the weather. New York 1915. 8°. 195 S., 4 Tafeln. (Outing Handbooks, No. 43.) *

G. Hellmann. Das meteorologische Observatorium auf der Schneekoppe. 24. Jahresber. d. Sonnblick. Ver. f. d. Jahr 1915. Wien 1916. 8°. 6—9.

Digitized by Google

Anton Huber. Das meteorologische Observatorium auf der Zugspitze. 24. Jahresber. d. Sonnblick. Ver. f. d. Jahr 1915. Wien 1916. 8°. 9—18.

Horace E. Ware. Notes on the term Indian summer. Cambridge, Mass. 1916. 8°. S.-A. Publicat. of the Colonial Soc. of Massachusetts **18**, 123—130.

30. Bericht der meteorologischen Kommission des Naturforschenden Vereins in Brünn. Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1910. Brünn 1916. 8°. 2 Blatt, 163 S., 5 Tafeln.

Monatliche Mitteilungen der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Wien, Hohe Warte, September 1916. Wien. Anz. Nr. 23, 293—296, 1916.

Nils Ekholm. Månadsoversikt av Väderleken i Sverige till lantbrukets tjänst utgiven under Meteorologiska Centralanstaltens inseende. Argang 36, No. 9, September 1916; No. 10, Oktober 1916.

Bulletin annuel de la Commission de Météorologie du Département des Bouches-du-Rhône. Publié sous les auspices du Conseil Général. Année 1914. 33me année. Marseille 1915. 4°. 40 S.

Report and results of observations for the year 1915. Southport, Fernley Observatory. Southport 1916. 8°. 28 S.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Internationale Ballonfahrt am 8. August 1916. Unbemannter Ballon. Wien. Anz. Nr. 23, 300—302, 1916.

2 A_3. Luftfahrt und Flugwesen.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

Albert Wigand. Die Änderung der Zusammensetzung der Luft in der Höhe. Met. ZS. **33**, 433—438, 1916.

2 C_1. Lufttemperatur.

2 C_2. Strahlung.

2 D. Luftdruck.

E. Alt, München. Zur barometrischen Höhenformel. Met. ZS. **33**, 472—475, 1916.

Josef Wenz. Die 27tägige Periodizität in den Luftdruckveränderungen. Ref.: R. Süring. Met. ZS. **33**, 478—479, 1916.

J. Lisnar. Eine einfache Formel zur Reduktion der Barometerstände auf das Meeresniveau. Met. ZS. **33**, 464—469, 1916.

2 E. Winde und Stürme.

2 F. Wasserdampf.

2 G. Niederschläge.

F. A. Carpenter. Clouds of California. Second edition. Fort Leavenworth 1916. 8°. 18 S.

Digitized by Google

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Carl Peter Birkinbine. Variations in precipitation as affecting water works engineering. Philadelphia 1916. 8°. 103 S. S.-A. J. of Amer. water works assoc. **3**, No. 1.

N. Venkatesa Jyengar. Report on rainfall registration in Mysore for 1914. Bangalore 1916. 4°. XVII, 49 S., Karten. (Meteorolog. Dep. Mysore.)

A. B. Dobrowolski. Les cristeaux de glace. Stockholm 1916. 8°. 53 S. (Arkiv för Kemi, Mineralogie och Geologie utgivet of K. Svenska Vetenskapsakademien **6**, No. 7.) Ref.: L. Barkow. Met. ZS. **33**, 476—478, 1916.

2 I. Meteorologische Optik.

C. T. R. Wilson. On some determinations of the sign and magnitude of electric discharges in lightning flashes. Proc. Roy. Soc. London (A) **92**, 555—574, 1916.

Nippoldt. Kugelblitz mit nachfolgendem Blitzstrahl. Met. ZS. **33**, 475—476, 1916.

Prof. Dr. **Reimann,** Hirschberg i. Schl. Linienblitze, die aus mehreren sich schnell in derselben Bahn folgenden Kugelblitzen bestehen. Met. ZS. **33**, 471—472, 1916.

R. Süring. Gewitterverteilung in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Met. ZS. **33**, 461—463, 1916.

2 K. Synoptische Meteorologie.

M. Wolf, Königstuhl. Helle Nacht des 23. Dezembers 1916. Astr. Nachr. **203**, 376, 1916.

E. Barkow. Über eine Beobachtung von selbstleuchtenden Wolken. Met. ZS. **33**, 469—470, 1916.

E. Barkow. Eine seltene Haloerscheinung. Met. ZS. **33**, 476, 1916.

2 L. Dynamische Meteorologie.

2 M. Praktische Meteorologie.

E. P. Quayle. A graphical method of showing the daily weather and especially cloud types. Melbourne 1916. 4°. 8 S. (Australia Commonwealth Bureau of Meteorology Bull. No. 12.)

2 N. Kosmische Meteorologie.

A. Wolfer. Provisorische Sonnenflecken-Relativzahlen für das dritte Quartal 1916. Met. ZS. **33**, 469, 1916.

2 O. Meteorologische Apparate.

E. P. Harrison. On the Calcutta standard barometers. Calcutta 1916. 4°. (Indian Meteorolog. Memoirs **21**, Pt. 13, S. 119—130.)

2 P. Klimatologie.

Wilhelm Schmidt. Der Einfluß der Schmelzwärme im Wiener Klima. Met. ZS. **33**, 438—446, 1916.

Walter Mörikofer. Klimatische Normalwerte für Basel. Verhandl. d. Naturf. Ges. in Basel **27**, 149—155, 1916.

Digitized by Google

Ischirkoff. Bulgarien, Land und Leute. I. Teil. (Allgemeines, Paläogeographie, Oberflächengestaltung, Klima, Pflanzenlehre, Tierwelt.) Leipzig, Iwan Parlapanoff 1916. 8°. 129 S., 24 Tafeln, 1 Karte. (Bulgarische Bibliothek, Nr. 1a.) (Preis geb. 1,90 ℳ.) *

O. Patterson. Om månens inflytande pä klima och väderlek. Stockholm 1916. 8°. S.-A. Ymer. Årgang 1916. Heft 2.

G. Bigourdan. Le climat de la France. Paris, Gauthier-Villars et Cie. 1916. 8°. (Preis 4 frs.) *

William S. Belden. The climate of Brown County, Kansas (o. O.) 1916. 8°. 20 S.

William Frear. Climatology of State College, Pa. Precipitation (rain or snow), 1880—1913. Harrisburg 1915. 8°. S.-A. Annual report of the Pennsylvania State College, 1913—1914, S. 233—347.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

W. G. Duffield. Apparatus for the determination of gravity at sea. Proc. Roy. Soc. London (A) **92**, 505—517, 1916.

Arthur Schuster. On the determination of gravity at sea. [Note on Dr. Duffield's Paper.) Proc. Roy. Soc. London (A) **92**, 517—528, 1916.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

J. v. Hann. Dr. Moritz Topolansky. Über Bodentemperaturmessungen in Österreich-Ungarn. Met. ZS. **33**, 472, 1916.

G. J. Bouyoucos. Soil temperature. East Lansing 1916. 8°. 133 S. (Michigan Agricultural College Experiment Station. Division of soils Technical bulletin No. 26.)

Shinzô Satô. On the diurnal variation of underground temperature. Sendai 1916. 8°. S.-A. Sc. Rep. of the Tôhoku Imp. Univ. **4**, 393—405, 4 Tafeln.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

Otto Meißner. Über die tägliche Periode der mikroseismischen Bewegung. Phys. ZS. **17**, 400—402, 1916.

Nachrichten von der Hohenheimer Erdbebenwarte aus dem Jahre 1915 und Erderschütterungen in Württemberg während des Jahres 1915. Herausgegeben von dem Kgl. Württembergischen Statistischen Landesamt. Bearbeitet von Prof. Dr. K. Mack. Stuttgart 1916. 4°. 19 S.

Vorläufiger Bericht über Erdbebenmeldungen in Österreich. September 1916. Wien. Anz. Nr. 23, 299, 1916.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Kgl. Niederländisches Meteorol. Institut de Bilt. August 1916. Der magnetische Charakter des Jahres 1915. Met. ZS. **33**, 463—464, 1916.

Digitized by Google

L. Vegard. Nordlichtuntersuchungen. Über die physikalische Natur der kosmischen Strahlen, die das Nordlicht hervorgerufen. Ann. d. Phys. **50**, 853—900, 1916. 1 Tafel.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Austin H. Clark. On the temperature of water below the 500-fathom line on the west coast of South and North America. J. of the Washington Acad. of Sc. **6**, 413—417, 1916.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Dr. **Josef Schnetzer.** Die Schneedecke im österreichischen Grenzgebiete gegen Italien. Sitzber. Kais. Akad. d. Wissensch. Wien, Math.-nat. Kl., Abt. IIa, **125**, 8. Heft.

Frederic Jaccard. Contribution à l'étude des cônes d'éboulis dus aux avalanches. Bull. de la Soc. Vaud. des Sc. Nat. **51**, 125—142, 1916.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **15. Februar 1917.** **Nr. 3.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekanntgeben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 3 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 16. bis 30. Januar 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

F. Förster. Walter Hempel. Chem. Ber. **50**, 1—3, 1917.

Max Planck. Neue Bahnen der Physikalischen Erkenntnis. 2. Aufl. 28 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1916.

G. Weissenburger. Über die Mannigfaltigkeit der Materie. Schrift. Ver. z. Verbr. nat. Kenntn. 23. S. Wien 1916. (Preis 0,60 ℳ.) *

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

3. Maß und Messen.

J. Ondracek. Ein neues Verfahren zur harmonischen Analyse. Elektrot. u. Maschinenb. **34**, 609—618, 627—628, 632—634, 1916.

M. J. van Uven. Logarithmic Frequency Distribution. Proc. Amsterdam **19**, 533—546, 1916.

G. Dimmer. Die Interferenzmeßmethode. Mitt. d. k. k. techn. Versuchsamtes **3**, Heft 4, 25—39, 1914.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

W. de Sitter. On the relativity of rotation in Einstein's theory. Proc. Amsterdam **19**, 527—532, 1916.

Edwin Bidwell Wilson. Note on relativity: The geometric potential. Journ. Washington Acad. **6**, 665—669, 1916.

E. M. Lémeray. Le Principe de relativité. IV u. 156 S. Paris, Gauthier-Villars et Cie., 1916. (Preis 3,75 fr.) *

Digitized by Google

Hugo Buchholz. Das mechanische Potential und seine Anwendung zur Bestimmung der Figur der Erde. (Höhere Geodäsie.) Mit einem ergänzenden Anhang über das elastische und das hydrodynamische Potential. (Auf Grund von Vorlesungen Ludwig Boltzmanns.) Mit 237 Textfiguren. 2. Aufl. Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1916. (Preis 30 ℳ.)

V. Bjerknes. Über thermodynamische Maschinen, die unter Mitwirkung der Schwerkraft arbeiten. Leipz. Abh., Math.-phys. Kl. **35**, 1—33, 1916.

Otto Dziobek. Die Mechanik und ihre Anwendungen. 110 S. Berlin, Georg Bath, 1916. (Preis 3 ℳ.)

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Karl Federhofer. Berechnung der Spannungen in flachen Kugelschalen bei gleichförmigem Oberflächendruck. Wien, Ber. **124** [2a], 1095—1117, 1915.

6. Hydromechanik.

V. Bjerknes. Über Wellenbewegung in kompressiblen, schweren Flüssigkeiten. Leipz. Abh., Math.-phys. Kl. **35**, 35—65, 1916.

W. Herz. Nachtrag zu meiner Abhandlung über die innere Reibung chlorierter aliphatischer Kohlenwasserstoffe. ZS. f. Elektrochem. **23**, 24, 1917.

7. Kapillarität.

8. Aeromechanik.

Heinrich Mache. Über die Bewegung des Geschosses im Rohr während der Verbrennung des Pulvers. S.-A. Mitt. ü. Gegenst. d. Art.- u. Geniewesens 1916, Heft 7, 26 S.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

2. Physiologische Akustik.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Wilhelm Ostwald. Grundriß der allgemeinen Chemie. 5. Aufl. 647 S. mit 69 Abb. Dresden und Leipzig, Verlag von Theodor Steinkopff, 1917. (Preis 24 ℳ, geb. 25,50 ℳ)

W. A. Roth. Physikalisch-chemische Übungen. 2. Aufl. VIII u. 24 S. Leipzig 1916. (Preis 8,50 ℳ.)

Wilhelm Ostwald. Atomgewichte für 1917. Chem. Ber. **50**, 7, 1917.

Wilhelm Ostwald. Atomgewichte für 1917. ZS. f. Elektrochem. **23**, 25, 1917.

Digitized by Google

C. Schmidt. Das periodische System der chemischen Elemente. VII u. 143 S. Leipzig 1917. (Preis 6 ℳ.)

Viktor Kutter. Das periodische System der Elemente in der elementaren Spektralanalyse. Phys. ZS. **18**, 16—17, 1917.

Willett L. Hardin. The nature of the chemical atom. Science (N. S.) **44**, 655—664, 1916.

G. Gianfranceschi. La Fisica dei Corpuscoli: Molecule, atomi, elettroni. Torino 1916.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

W. Herz. Molekeldurchmesser und Löslichkeit. ZS. f. Elektrochem. **23**, 23—24, 1917.

Erik Andersson. Beziehung zwischen den physikalischen Eigenschaften einiger Lösungen und ihrer Mischungen. Medd. Vetenskapsakad. Nobelinstitut **3**, Nr. 12, 22 S., 1916.

Svante Arrhenius. Viskosität und Hydratation kolloidaler Lösungen. Medd. Vetenskapsakad. Nobelinstitut **3**, Nr. 13, 20 S., 1916.

Sigfrid Ryd. Über das Verhalten des Kaseins zu Kochsalzlösungen geringer Konzentrationen. ZS. f. Elektrochem. **23**, 19—23, 1917.

Schreinemakers. In-, mono- and divariant equilibria. X. Proc. Amsterdam **19**, 514—527, 1916.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

Bohdan de Szyszkowski. The actual State of the Theory of electrolytic Dissociation in water and nonaqueous solvents. Medd. Vetenskapsakad. Nobelinstitut **3**, Nr. **11**, 16 S., 1916.

Nilratan Dhar. Recent advances in the Theory of Electrolytic Dissociation. Medd. Vetenskapsakad. Nobelinstitut **3**, Nr. 15, 16 S., 1916.

Gilbert N. Lewis and **Thomas B. Hine.** Electrical conduction in dilute amalgams. Proc. Nat. Acad. America **2**, 634—638, 1916.

M. J. Huizinga. Electrolytic phenomena of the molybdenite-detector. Proc. Amsterdam **19**, 512—513, 1916.

William D. Harkins, R. E. Hall, and **W. A. Roberts.** The osmotic pressure and lowering of the freezing-point of mixtures of salts with one another and with non-electrolytes in aqueous solutions. Proc. Nat. Acad. America **2**, 642—646, 1916.

4. Photochemie.

J. K. A. Wertheim-Salomonson. Quantitative Vergleichung der Wirkung von Röntgenstrahlen und Lichtstrahlen auf Bromsilbergelatine. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen **23**, 509, 1916. [Die Naturwissenschaften **5**, 45, 1917.

5. Thermochemie.

Heinrich Mache. Über die Flamme fester Brennstoffe. S.-A. Mitt. ü. Gegenst. d. Art.- u. Geniewesens 1916, Heft 10, 16 S.

Hans Cassel. Über Entflammung und Verbrennung von Sauerstoff-Wasserstoff-Gemischen. Ann. d. Phys. (4) **51**, 685—704, 1916.

Digitized by Google

Heinrich Mache. Die normale Verbrennungsgeschwindigkeit von Kolloidpulver und der von ihm in geschlossenem Gefäß entwickelte Druck in seiner Abhängigkeit von Zeit, Pulverform und Ladedichte. S.-A. Mitt. u. Gegenst. d. Art.- u. Geniewesens, 1916, Heft 1, 15 S.

J. Eggert. Über die Landoltreaktion. ZS. f. Elektrochem. **23**, 8—19, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

Rudolf Vetter. Beiträge zur Kenntnis der analytischen Eigenschaften der Kohlenstoffmodifikationen und orientierende Versuche über die Entstehungsbedingungen. VIII u. 79 S. Berlin-Oldenburg, Verlag von Gerhard Stelling, 1916. (Technische Studien, Heft 18.) (Preis 3,50 ℳ.) *

H. R. Kruyt. The equilibrium solid-liquid-gas in binary systems which present mixed crystals. Proc. Amsterdam **19**, 555—564, 1916.

M. von Laue. Kristallforschung mit Röntgenstrahlen. Chem. Ber. **50**, 8—20, 1917.

J. Brentano. Interferenz der Röntgenstrahlen. I. D. Opt. Wochenschr. 1917, 40—41.

S. Weber and **E. Oosterhuis.** On the electric resistance of thin films of metal. Proc. Amsterdam **19**, 597—608, 1916.

F. Rinne. Zur Leptonenkunde als Feinbaulehre der Stoffe. Die Naturwissenschaften **5**, 49—56, 1917.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

Willett L. Hardin. The nature of the chemical atom. Science (N. S.) **44**, 655—664, 1916.

G. Gianfranceschi. La Fisica dei Corpuscoli: Molecule, atomi, elettroni Torino 1916.

J. Spielrein. Geometrisches zur elektrischen Festigkeitsrechnung. II. Arch. f. Elektrot. **5**, 244—254, 1917.

F. B. Pidduck. Treatise on Electricity. 662 S. London 1916.

P. Eversheim. Angewandte Elektrizitätslehre. Leitfaden für das elektrische und elektrotechnische Praktikum. VII u. 214 S. Berlin 1916. (Preis 8 ℳ.) *

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

4. Maße und Meßinstrumente.

Ernst Lübcke. Über Aufnahme von Wechselstromkurven unter Benutzung der ionisierenden Wirkung von Kathodenstrahlen. 24 S. Diss. Göttingen 1916.

J. Ondracek. Ein neues Verfahren zur harmonischen Analyse. Elektrot. u. Maschinenb. **34**, 609—613, 627—628, 632—634, 1916.

Digitized by Google

Th. Christen. Das Integralkontometer. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen **23**, 520, 1916. [Die Naturwissenschaften **5**, 48, 1917.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter. Nr. 112 u. 113. Elektrot. ZS. **38**, 23, 1917; Nr. 114 ebenda S. 39.

5. Apparate.

A. Pflüger. Ein einfacher veränderlicher Kondensator. Phys. ZS. **18**, 13—14, 1917.

Wm. Tschudy. Meßverfahren und Definitionen für den Quecksilberdampf-Gleichrichter. (Schluß.) Elektrot. ZS. **38**, 23—26, 1917.

M. J. Huizinga. Electrolytic phenomena of the molybdenite-detector. Proc. Amsterdam **19**, 512—513, 1916.

Erich Jasse. Beitrag zur Berechnung der Achsen von elektrischen Maschinen. Arch. f. Elektrot. **5**, 237—243, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

S. Weber and **E. Oosterhuis.** On the electric resistance of thin films of metal. Proc. Amsterdam **19**, 597—608, 1916.

Gilbert N. Lewis and **Thomas B. Hine.** Electrical conduction in dilute amalgams. Proc. Nat. Acad. America **2**, 634—638, 1916.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

W. Frey. Potentialmessungen im elektrischen Lichtbogen. 35 S. Basel 1916.

Werner Germershausen. Über die Elektronenemission des Calciumoxyds in Gasen und im extremen Vakuum. Ann. d. Phys. (4) **51**, 705—767, 1916.

J. Stark. Bericht über die Ionisierung der chemischen Elemente durch Elektronenstoß. S.-A. Jahrb. d. Radioakt. **13**, 395—452, 1916.

Albert Wigand. Die Ionisierung der Erdatmosphäre durch den Halleyschen Kometen 1910, ein Beitrag zur Kenntnis des Ursprungs der durchdringenden Strahlung. Phys. ZS. **18**, 1—6, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

Willett L. Hardin. The nature of the chemical atom. Science (N. S.) **44**, 655—664, 1916.

M. von Laue. Kristallforschung mit Röntgenstrahlen. Chem. Ber. **50**, 8—20, 1917.

J. Brentano. Interferenz der Röntgenstrahlen. I. D. Opt. Wochenschr. 1917, 40—41.

G. Jäger. Die Beugungsspektren der Licht- und Röntgenstrahlen. Schrift. Ver. z. Verbr. nat. Kennt., 34 S. Wien 1916. (Preis 0,90 ℳ.)

Digitized by Google

Volts. Ziele und Probleme der Röntgenstrahlenmeßtechnik. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen **24**, 1—51, 1916. [Die Naturwissenschaften **5**, 48, 1917.

R. Glocker. Eine neue Methode zur Intensitäts- und Härtebestimmung von Röntgenstrahlen (besonders für die Zwecke der Tiefentherapie). Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen **24**, 91, 1916. [Die Naturwissenschaften **5**, 45—46, 1917.

J. K. A. Wertheim-Salomonson. Quantitative Vergleichung der Wirkung von Röntgenstrahlen und Lichtstrahlen auf Bromsilbergelatine. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen **23**, 509, 1916. [Die Naturwissenschaften **5**, 45, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

H. Starke. Resonanz in eisenhaltigen Kreisen. Phys. ZS. **18**, 6—13, 1917.

J. Biermanns. Über Wanderwellen-Schutzeinrichtungen. Arch. f. Elektrot. **5**, 215—237, 1917.

M. Reithoffer. Elektrische Schwebungen bei nieder- und hochfrequentem Wechselstrom. Schrift. Ver. z. Verbr. nat. Kenntn. 20. S. Wien 1916. (Preis 0,70 ℳ.).

Ernst Lübcke. Über Aufnahme von Wechselstromkurven unter Benutzung der ionisierenden Wirkung von Kathodenstrahlen. 24 S. Diss. Göttingen 1916.

F. Niethammer. Zusätzliche Verluste durch Stromverdrängung in wechselstromdurchflossenen Leitern. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 17—20, 32—37, 44—47, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

J. Zenneck. Messungen an dem Löschfunkensender in Sayville. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 233—242, 1916.

Hidetsugu Yagi. Die Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen durch Löschfunkenerreger. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 243—248, 1916.

E. Bellini. Die Reichweite der Luftleiter für gerichtete Wellen. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 270—280, 1916.

E. Bellini. Einige Einzelheiten über den Richtungsfinder. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 281—288, 1916.

Melville Eastham. Der Hytone-Sender für drahtlose Telegraphie. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 248—269, 1916.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

Janet T. Howell. The effect of an electric field on the lines of calcium and lithium. S.-A. Astrophys. Journ. **44**, 381—396, 1916. (Contrib. from the Mount Wilson Solar Obs. No. 121.)

P. Guthnick. Astrophotometrische Erprobung von Alkalizellen. D. Opt. Wochenschr. 1917, 30—31.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

P. Ehrenfest. On adiabatic changes of a system in connection with the quantum theory. Proc. Amsterdam **19**, 576—597, 1916.

Digitized by Google

Marion Erwin. The Universe and the Atom. IV u. 314 S. New York, D. Van Nostrand Co., 1916. *

Willett L. Hardin. The nature of the chemical atom. Science (N. S.) **44**, 655—664, 1916.

A. Hartmann. Über das innere Atomfeld des Lithiums. Phys. ZS. **18**, 14—16, 1917.

J. Dolder. Die Fortpflanzung des Lichtes in bewegten Systemen. Eine Theorie. 22 S. Bern, Max Drechsel, 1916. (Preis 1 ℳ.) *

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

Allvar Gullstrand. Das allgemeine optische Abbildungssystem. Svensk. Vetenskapsakad. Handl. **15**, Nr. 1, 139 S., 1915.

J. Palisa. Die Entwicklung des Fernrohrs. Schrift. Ver. z. Verbr. nat. Kenntn. 84 S. Wien 1916. (Preis 1 ℳ.)

C. Leiss. Das Zielfernrohr, seine Einrichtung und Anwendung. 2. Aufl. 88 S. Neudamm 1916. (Preis 2 ℳ.) *

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

J. Dolder. Die Fortpflanzung des Lichtes in bewegten Systemen. Eine Theorie. 22 S. Bern, Max Drechsler, 1916. (Preis 1 ℳ.) *

M. Schubert. Reflexionsmessungen im Ultraroten. 46 S. Breslau 1915.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

Carl Barus. Path differences within which spectrum interferences are observable. Proc. Nat. Acad. America **2**, 609—613, 1916.

Carl Barus. Non-reversed spectra of restricted coincidence. Proc. Nat. Acad. America **2**, 614—617, 1916.

Th. Liebisch und **A. Wenzel.** Die Interferenzfarben des Quarzes im polarisierten Licht. I. Berl. Ber. 1917, 3—22.

G. Dimmer. Die Interferenzmeßmethode. Mitt. d. k. k. techn. Versuchsamts **3**, Heft 4, 25—39, 1914.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Th. Liebisch und **A. Wenzel.** Die Interferenzfarben des Quarzes im polarisierten Licht. I. Berl. Ber. 1917, 3—22.

Franz Fischer und **W. Gluud.** Notiz über die optische Aktivität von Tieftemperatur- und Steinkohlen-Generator-Teer. Chem. Ber. **50**, 111—115, 1917.

E. Schmidt. Die Winkel der kristallographischen Achsen der Plagioklase. 56 S. Heidelberg 1916.

W. Tupixina. Untersuchungen über die optische Aktivität von Kobaltverbindungen. 51 S. Zürich 1915.

Johannes Aisleben. Über die Abhängigkeit der Absorption zirkular-polarisierten Lichtes vom Drehungssinn bei Cholesterylverbindungen. 20 S. Halle 1915.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

Viktor Kutter. Das periodische System der Elemente in der elementaren Spektralanalyse. Phys. ZS. **18**, 16—17, 1917.

Digitized by Google

Charles E. St. John and **L. W. Ware.** The accuracy obtainable in the measured separation of close solar lines; systematic errors in the Rowland table for such lines. S.-A. Astrophys. Journ. **44**, 357—380, 1916. (Contrib. from the Mount Wilson Solar Obs. No. 120.)

A. Hartmann. Über das innere Atomfeld des Lithiums. Phys. ZS. **18**, 14—16, 1917.

Ludwig Carl Glaser. Beiträge zur Kenntnis des Spektrums des Berylliums. Mit 6 Tafeln und 1 Abb. 39 S. Berlin SW. 68, Verlag von Glasers Annalen, 1916.

G. Jäger. Die Beugungsspektren der Licht- und Röntgenstrahlen. Schrift. Ver. z. Verbr. nat. Kennt. 34 S. Wien 1916. (Preis 0,90 ℳ.)

G. Dimmer. Die Interferenzmeßmethode. Mitt. d. k. k. techn. Versuchsamts **3**, Heft 4, 25—39, 1914.

Johannes Alsleben. Über die Abhängigkeit der Absorption zirkular-polarisierten Lichtes vom Drehungssinn bei Cholesterylverbindungen. 20 S. Diss. Halle 1915.

E. Warburg. Über eine rationelle Lichteinheit. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 3—10, 1917.

G. Holst and **E. Oosterhuis.** Note on the melting point of palladium and Wien's constant c_2. Proc. Amsterdam **19**, 549—550, 1916.

P. Guthnick. Astrophotometrische Erprobung von Alkalizellen. D. Opt. Wochenschr. 1917, 30—31.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

E. Newton Harvey. The light-producing substances, photogenin and photophelein, of luminous animals. Science (N. S.) **44**, 652—654, 1916.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

J. M. Burgers. Note on P. Scherrer's calculation of the entropy constant. Proc. Amsterdam **19**, 546—548, 1916.

V. Bjerknes. Über thermodynamische Maschinen, die unter Mitwirkung der Schwerkraft arbeiten. Leipz. Abh., Math.-phys. Kl. **35**, 1—33, 1916.

F. Seufert. Technische Wärmelehre der Gase und Dämpfe. 78 S. Berlin 1916. (Preis 2,80 ℳ.)

2. Kinetische Theorie der Materie.

Wilhelm Behaghel. Über die kinetische Theorie der Materie. Ber. Naturf. Ges. Freiburg in Br. **21** [2], 1—62, 1916.

E. A. Holm. Über die mittlere molekulare Weglänge unter Berücksichtigung des Molekularvolumens. Ann. d. Phys. (4) **51**, 768—796, 1916.

3. Thermische Ausdehnung.

Digitized by Google

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

G. Holst and E. Oosterhuis. Note on the melting point of palladium and Wien's constant c_2. Proc. Amsterdam **19**, 549—550, 1916.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

Alfred Stock. Schmelzpunktsbestimmungen bei tiefen Temperaturen. Chem. Ber. **50**, 156—158, 1917.

G. Holst and E. Oosterhuis. Note on the melting point of palladium and Wien's constant c_2. Proc. Amsterdam **19**, 549—550, 1916.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

M. Trautz und B. Berneit. Messungen der spezifischen Wärme von CO_2, Cl_2 und SO_2. Sitzungsber. Heidelb. Akad. 1916, 25 S.

M. Kinoshita. Die spezifische Wärme einiger Bau- und Wärmeisolierstoffe. Gesundheits-Ingenieur **39**, 497, 1916. [ZS. f. d. ges. Kälte-Ind. **24**, 4, 1917.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

The Van Vleck Observatory of Wesleyan University at Middletown, Connecticut. Nature **98**, 22, 1916.

C. T. Whitmell. Relative Luminosities of Sun and Stars. Ref.: Nature **97**, 528, 1916.

Charles E. St. John. On the suggested mutual Repulsion of Fraunhofer Lines. Carnegie Inst. of Washington Mt. Wilson Solar Obs. Communicat. to the National Acad. of Scs. No. 30, 1916.

G. S. Monk. Spectra absolute Magnitudes of Stars. Nature **98**, 41, 1916.

H. T. Stetson. Yerkes Observatory. The Thermopile in Photographic Photometry. Ref.: Nature **97**, 528, 1916. (Astrophys. J. **43**, 253 and 325.)

Frederic H. Seares. A simple method for determining the colors of the stars. Carnegie Inst. of Washington Mt. Wilson Solar Obs. Communicat. to the National Acad. of Scs. No. 33, 1916.

1 B. Planeten und Monde.

Prof. **H. C. Plummer.** Distribution of the Poles of Planetary Orbits. Nature **97**, 551, 1916.

W. W. Campbell and **J. H. Moore.** Lick Observatory, University of California. Spectrographic observations relative motions in the Planetary Nebulae. Proc. National Acad. of Scs. America **2**, 566—569, 1916.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

Felix de Roy. Maxima of Mira Ceti, 1915. Nature **98**, 21—22, 1916.

L. Courvisier. The System of Polaris. Nature **98**, 22, 1916.

Prof. **Barnard.** A faint star with large proper motion. Nature **98**, 22, 1916.

A. van Maanen. Preliminary evidence of internal motion in the spiral Nebula Messier 101. Carnegie Inst. of Washington Mt. Wilson Solar Obs. Communicat. to the National Acad. of Scs. No. 29, 1916.

Frederic H. Seares. Preliminary Results on the Color of Nebulae. Proc. of National Acad. of Scs. America **2**, No. 70, p. 553—557, 1916.

Francis G. Pease. The Rotation and Radial Velocity of the Spiral Nebula. N. G. C. 4594. Carnegie Inst. of Washington Mt. Wilson Solar Obs. Communicat. of the National Acad. of Scs. No. 32, 1916.

The Spectroscopic Binary σ Aquilae. Nature **97**, 507, 1916.

1 D. Die Sonne.

The Solar Physics Observatory. Nature **97**, 528, 1916.

R. Birkeland. Les rayons corpusculaires du soleil qui pénètrent dans l'atmosphère terrestre sont-ils negatifs ou positifs? Genève 1916. 8°. S.-A. Arch. sc. phys. et nat. **41**, 22—37.

Dr. **C. E. St. John** and **Miss Ware.** Measurement of close Solar Lines. (Astrophys. J. **44**, p. 15.) Nature **98**, 40—41, 1916.

Digitized by Google

Arthur S. King. An attempt to detect the mutual Influence of neighboring Lines in electric Furnace Spectra showing anomalous Dispersion. Carnegie Inst. of Washington Mt. Wilson Solar Obs. Communicat. to the National Acad. of Scs. No. 31, 1916.

H. Arctowski. The influence of Venus on the mean heliographic latitude of the sunspots. Ref., Nature **97**, 514, 1916.

Arthur S. King. The Production in the electric Furnace of the banded Spectra ascribed to Titanium Oxide, Magnesium Hydride, and Calcium Hydride. Carnegie Inst. of Washington. Contributions from the Mt. Wilson Solar Obs. Nr. 114, 1916.

A. S. King. Banded Spectra from the electric Furnace. Nature **97**, 507, 1916.

Solar Variability. Nature **97**, 551, 1916.

A large solar prominence. (The observatory **39**, p. 358.) Nature **97**, 507, 1916.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

C. S. Aksel Steen †. Met. ZS. **33**, 513—514, 1916.

W. Köppen. Nachruf für A. S. Woeikof. Met. ZS. **33**, 514—515, 1916.

Wilhelm Trabert. Meteorologie. Vierte, zum Teil umgearbeitete Auflage von Dr. Albert Defant, Berlin und Leipzig 1916. Kl. 8°, 147 S. 7 Tafeln. (Sammlung Göschen Nr. 54.) Preis 0,90 ℳ. Ref.: R. Süring. Met. ZS. **33**, 526, 1916.

Charles Fitzhugh Talman. The weather. New York 1916. 8°. 11 S. (The Mentor. Serial No. 110.)

L. G. Tippenhauer. Die elektromagnetische Theorie des Wetters. Vierter Teil. Die ersten Prinzipien einer astronomischen Berechnung des Wetters. Port-au-Prince 1916. Fol. 49 S., 10 Blatt, 2 Tafeln.

R. C. M. Chilian Meteorology. Nature **97**, 530, 1916.

Hans Pettersson, Göteborgs Högskola. Die experimentelle Darstellung von Seiches in Gasen. Met. ZS. **33**, 521—523, 1916.

Alfred Wegener. Äußere Hörbarkeitszone und Wasserstoffsphäre. Met. ZS. **33**, 523—524, 1916.

J. W. Boothroyd. The Circus, Greenwich, S. E. The great bombardment heard day and night during two weeks. Nature **97**, 500, 1916.

Spencer Pickering. The Gun-firing on the Western Front. Nature **97**, 500, 1916.

Erforschung des Klimas des Osmanischen Reiches. Met. ZS. **33**, 524, 1916.

Maxwell Hall. Notes on hurricanes, earthquakes, and other physical occurences in Jamaica up to the commencement of the Weather Service, 1880, with brief notes in continuation to the end of 1915. Kingston 1916. 4°. 8 S. (Jamaica Meteorological Service Publication No. 455.)

Meteorologische Beobachtungen in Frankfurt, Niederschlagsbeobachtungen in der Umgebung von Frankfurt und Vegetationszeiten in Frankfurt im Jahre 1915. Jahresber. d. Phys. Ver. zu Frankfurt a. M. 1914/15 und 1915/16, S. 140—144.

Dr. **Artur Scheller.** Magnetische und meteorologische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1915. Auf öffentliche Kosten herausgegeben von . . . . 76. Jahrgang. Prag 1916. 4°, IV, 47 S.

Digitized by Google

Jahresbericht des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. für die Rechnungsjahre 1914—1915 und 1915—1916. Frankfurt a. M. 1916. 8°. 145 S., 2 Tafeln.

Nautik Meteorologisk Aarbog 1915. (Publikationer fra det Danske Meteorologiske Institut ved. C. Ryder, Director.) Kopenhagen 1916. XLIX u. 167 S. in groß Quart m. 17 Karten (Eisverhältnisse von Grönland. See- u. Meerestemperaturen). Ref.: Met. ZS. **33**, 525, 1916.

P. F. Claxton. Meteorological and magnetical works at Hongkong. Ref. Nature **98**, 40, 1916.

Alvin J. Cox. Thirteenth Annual Report of the Director of the Bureau of Science, Phillippine Islands. For the year ending December 31, 1914. Manila 1915.

Observatorio meteorologico, magnetico y seismico del Colegio de Belén de la Compañia de Jesus en la Habaña Año de 1915. Habaña 1916. Fol. 3, 15 S.; 39 Bl., 1 Tafel.

William Gardner Reed and **Howard R. Tolley.** U. S. Depart. of Agricult. Weather as Business Risk in Farming. Geogr. Rev. **2**, July 1916, No. 1. Ref.: Nature **98**, 20, 1916.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Kurt Wegener. Die Technik der Drachen- und Ballonaufstiege im Winterquartier 1912/13 zu Ebeltofthafen (Spitzbergen). Veröffentl. d. Deutschen Observ. Ebeltofthafen (Spitzbergen). Zweites Heft. Herausgegeben von H. Hergesell. Friedr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1916. 8°. 14 S. 1 Taf.

Kurt Wegener und **Max Robitzsch.** Ergebnisse der Pilotballon-Visierungen während der Überwinterung 1912/13. Braunschweig 1916. 8°. 18 S. [Veröffentl. d. Deutschen Observ. Ebeltofthafen (Spitzbergen). Drittes Heft.]

Kurt Wegener und **Max Robitzsch.** Ergebnisse der Fesselaufstiege während der Überwinterung 1912/13. Braunschweig 1916. 8°. 20 S., 2 Taf. [Veröffentl. d. Deutschen Observ. Ebeltofthafen (Spitzbergen). Viertes Heft.]

Griffith Taylor. Investigations of the meteorology of the upper air at Melbourne 1913. Nature **98**, 20, 1916.

Dr. **W. van Bemmelen.** Results of Registering Balloon Ascents at Batavia. Batavia Javasche Bockhandel en Drukkerij, 1916. Nature **98**, 21, 1916.

2 A_3. Luftfahrt und Flugwesen.

The royal Aircraft Factory Inquiry. Nature **97**, 509, 1916.

Report of the Advisory Committee for Aeronautics, 1915—1916. Ref.: Nature **97**, 503—504, 1916.

E. F. R. Experiments in Aerodynamics. (Report on Wind Tunnel Experiments in Aerodynamics. Smithsonian Miscellaneous Collections **62**, Nr. 4.) Nature **97**, 501—502, 1916.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

Franz Linke. Die atmosphärische Quelle der durchdringenden Strahlung. Met. ZS. **33**, 510—513, 1916.

L. B. Loeb. The ions of low mobility. Ref.: Nature **97**, 506, 1916.

2 C_1. Lufttemperatur.

J. von Hann. Beiträge zur Kenntnis des jährlichen und täglichen Ganges der Temperaturabnahme mit der Höhe im Gebirge. Met. ZS. **33**, 492—503, 1916.

Chart dealing with temperature scales issued by the Meteorological Office. Nature **97**, 526, 1916.

Digitized by Google

Beräkning av Luftens månads medeltemperatur vid de Svenska Meteorologiska Stationera. Bihang till Meteorologiska Jakttagelser i Sverige utgivna av Meteorologiska Centralanstalten. Band 56. 2: Dra Serien: Band 42, 1914.

2 C_2. Strahlung.

Frederic J. Brodie. The incidence of bright sunshine over the United Kingdom during the thirty years 1881—1910. London 1916. 8°. (Quart. J. **42**, 23—43.)

2 D. Luftdruck.

Dr. **A. Defant.** Die täglichen unperiodischen Druckschwankungen im Gebiete der Vereinigten Staaten von Nordamerika. Met. ZS. **33**, 508—510, 1916.

A. S. Monné. Onveer of weerlicht en barometerstanden. Hemel en Dampkring **14**, 53, 1916.

2 E. Winde und Stürme.

Alexander McAdie. The winds of Boston and vicinity. Cambridge, Mass. 1916. 4°. 21 S. S.-A. Annals of the Astronom Observatory of Harvard College **73**, Part 3, S. 211—231.

2 F. Wasserdampf.

G. Bigourdan. Distribution mensuelle de la nébulosité moyenne en France. Paris 1916. 4°. C. R. **162**, 620—625.

Joh. Schubert. Über Luftfeuchtigkeit und Wolkenbildung. Mitteilung der meteorologischen Abteilung des forstlichen Versuchswesens. Berlin 1916. 8°. S.-A. ZS. für Forst- und Jagdwesen **48**, Okt. 1916, S. 586—541.

2 G. Niederschläge.

Walther Felix Glass aus Glauchau. Die Niederschlags-Verhältnisse von Leipzig, Freiberg und Reitzenhain während der fünfzig Jahre 1864—1913. Inaugural-Dissertation. Mit drei Tafeln. Amtl. Publ. der Kgl. Sächs. Landes-Wetterwarte in Dresden. Das Klima des Königreiches Sachsen. Heft 8. Dresden 1915.

Prof. Dr. **O. Quelle.** Regenmengen im Staat Ceará, Nord-Brasilien. Met. ZS. **33**, 524—525, 1916.

Charles F. Brooks, Yale University, Hail. (O. L. Fassig. Month. Weather Rev., p. 446—448, 1915. Climatological Data for the United States by Sections). 2. June 1915. Illinois, Indiana, West Virginia and Maryland sections. Science **44**, 856—358, 1916.

Terada, Yokota and **Otuki.** Distribution of cyclonic precipitation in Japan. (Journ. of the College of Science, Tokyo **37**, art. 4.) Nature **97**, 550, 1916.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

F. Mönch. Über Schwankungen des elektrischen Feldes der Atmosphäre. Göttingen 1915. 4°. 26 S. (Preis 1,50 ℳ.)

H. Geitel. Zur Frage nach dem Ursprung der Niederschlagselektrizität. Phys. ZS. **17**, 455—464, 1916.

Prof. **R. Deb. Ward.** Thunderstorms of the United States. Ref.: Science **44**, 354—356, 1916.

Kimmijser. Elektrische ontladingen tijdens hetonweer. Hemel en Dampkring **14**, 49—52, 1916.

Digitized by Google

John Don, Lumphanan, Aberdeen. A Peculiar Thunderclap. Nature **97**, 500, 1916.

H. O. F. A Peculiar Thunderclap. Nature **97**, 520, 1916.

2 I. Meteorologische Optik.

H. Sarnetzky. Der Refraktionskoeffizient in unmittelbarer Erdnähe. Eine Studie. Gießen, Otto Kindt 1915. 8°. 63 S.

H. Dember and **M. Uibe.** Drei optisch-meteorologische Beobachtungen. Leipzig 1916. 8°. S.-A. Berichte über die Verhandl. der Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig, Math.-phys. Kl. **68**, Heft 1, S. 46—49.

Max Wolf, Königstuhl. Über die höchsten Dämmerungswolken. Met. ZS. **33**, 517—519, 1916.

Max Wolf, Königstuhl. Über die verstärkten Dämmerungserscheinungen. Met. ZS. **33**, 519, 1916.

H. Meyer, Lehrer, Steckborn. Lichterscheinung am Nachthimmel am 25./26. Aug. 1916. Met. ZS. **33**, 517, 1916.

V. Laska. Abnormale Dämmerungserscheinungen im Sommer 1916. Met. ZS. **33**, 520—521, 1916.

J. Maurer. Zur atmosphärisch-optischen Störung des Sommers 1916. Met. ZS. **33**, 515—517, 1916.

Arthur Stentzel. Die Dämmerungsstörung. Astro. ZS. **10**, 126, 1916.

Arthur Stentzel. Neue starke Dämmerungsanomalien. Kiel 1916. 4°. S.-A. Astr. Nachr. **203**, 139—144.

Arthur Stentzel. Die neue Dämmerungsanomalie. Zweite Mitteilung. Kiel 1916. 4°. S.-A. Astr. Nachr. **203**, 223—232.

C. J. P. Cave. Meteorological Office, Farnborough. A Sunset Phenomenon on July 22. Nature **97**, 520, 1916.

2 K. Synoptische Meteorologie.

Friedrich Drewes. Beiträge zur Kenntnis der isländischen Barometerdepressionen. Inaugural-Dissertation Berlin. (Berlin 1916.) 8°. 54 S., 5 Bl.

2 L. Dynamische Meteorologie.

2 M. Praktische Meteorologie.

2 N. Kosmische Meteorologie.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

Z. Kamerling. Periodieke klimaatswijzigingen en tropische landbouw. Haarlem. Tjeenk Willink & Zoon 1916. 8°. 82 S. (Preis 1,50 fl.)

Griffith Taylor. The agricultural possibilities of Australia so far as the climatic factor is concerned. Nature **97**, 505, 1916.

Dr. **F. W. Paul Lehmann.** Leipzig. E. Huntingtons quantitative Völkeranalyse und Kulturklimatologie. Peterm. Mitt. **62**, 455—456, 1916.

Digitized by Google

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

Prof. **Edward R. Cary.** Geodetic Surveying. Pp. IX, 279. (New York: John Wiley and Sons, Inc.; London: Chapman and Hall. Ltd., 1916. Price 10 s. 6 d. net. Ref.: H. G. L. Nature **97**, 559—590, 1916.

Ernst Hammer, Stuttgart. Die Bahn des Nordpols der Erde auf der Erdoberfläche seit 1900. Peterm. Mitt. **62**, 457, 1916.

The Movements of the Earth's Pole. (Discourse delivered at the Royal Institution on Friday, May 19, by Col. E. H. Hills.) Nature **97**, 580—535, 1916.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

H. O. Wood. The Eruption of Mauno Loa last May. (Weekly Bull. of the Hawaiian Volcano Obs. **4**, No. 5, 1916.) Nature **97**, 550, 1916.

3 F. Erdbeben.

Kurt Wegener. Die ablenkende Kraft der Erdrotation in der Seismik. Veröffentl. des Deutschen Observ. Ebeltofthafen (Spitzbergen). Herausgeg. von H. Hergesell. Zweites Heft. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1916. 8^0. 14 S., 1 Taf.

Earthquake at Ancona, Pesaro, Rimini, and other places on the north-east coast of Italy, of August 16. Nature **97**, 548, 1916.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Ad. Schmidt. Ergebnisse der magnetischen Beobachtungen in Potsdam und Seddin in den Jahren 1900—1910. Berlin, Behrend & Co. 1916. 4^0. 52 (40) S. (Veröffentl. d. Kgl. Preuß. Met. Instituts Nr. 289. Abhandl. **5**, Nr. 3. (Preis 7 ℳ)

Ad. Schmidt, Potsdam. Die internationalen erdmagnetischen Charakterzahlen. Met. ZS. **33**, 481—492, 1916.

Ph. Flajolet. Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (Saint Genis-Laval) pendant le troisième trimestre de 1915. Paris 1916. 4^0. S.-A. C. R. **162**, 392—393.

Lord Kelvin and terrestrial Magnetism. (Abridged from the Seventh Kelvin Lecture delivered before the Institution of Electrical Engineers on February 17, by Dr. C. Chree. F. R. S.) Nature **97**, 509—513, 1916.

L. Vegard und **O. Krogness.** Die Höhe des Nordlichts vermittelst parallaktischer Aufnahmen an dem Haldde-Observatorium. Ann. d. Phys. (4) **51**, 495—502, 1916.

W. F. Denning. Bright display of Aurora Borealis on August 27. Nature **97**, 551, 1916.

3 H. Niveauveränderungen.

Digitized by Google

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

Prof. Dr. **R. Sokol**, Pilsen. Morphologie des Böhmerwaldes. Peterm. Mitt. **62**, 445—449, 1916.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Arctic Oceanography. Nature **97**, 523, 1916.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

Oskar Frohnmeyer, Basel. Untersuchung der Sedimentführung von Flüssen, besonders des Rheins bei Basel. Peterm. Mitt. **62**, 450—451, 1916.

Hermann Keller, Berlin. Sinkstoff- und Geschiebemengen bei Gebirgsbächen und Gebirgsflüssen. Peterm. Mitt. **62**, 457—458, 1916.

H. Beuck, Hamburg. Der Urmiasee in Persien. Peterm. Mitt. **62**, 449, 1916.

Report on the investigation of rivers undertaken by the Royal and Royal Geographical Societies. Nature **98**, 20, 1916.

Edward A. Birge. The heat budgets of American et European lakes. Madison 1915. 8°. S.-A. Transactions of the Wisconsion Acad. of Sc. arts, and letters **18**, Tl. 1, S. 166—213.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

F. Klute. Beobachtungen über Zackenfirn (Büßerschnee) und dessen Entstehung am Kilimandscharo. Leipzig 1916. 8°. S.-A. ZS. f. Gletscherkde. **9**, 289—305.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **28. Februar 1917.** **Nr. 4.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekanntgeben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 4 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 12. Februar 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Philipp Frank. Die Bedeutung der physikalischen Erkenntnistheorie Machs für das Geistesleben der Gegenwart. Die Naturwissenschaften **5**, 65—72, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

John M. Blake. Plotting Crystal Zones on Paper. Sill. Journ. (4) **42**, 486—492, 1916.

Charles H. Warren. A Graduated Sphere for the Solution of Problems in Crystal Optics. Sill. Journ. (4) **42**, 493—495, 1916.

3. Maß und Messen.

Robert Dietzius. Ausdehnung der Korrelationsmethode und der Methode der kleinsten Quadrate auf Vektoren. Wien. Ber. **125** [2a], 3—20, 1916.

P. Labitzke. Über Halbierungsfehler bei optischen Einstellungen. D. Opt. Wochenschr. 1917, 49—50, 60—63.

Josef Adamczik. Stereophotogrammetrische Punktbestimmung bei überschüssigen Messungen, durch Ausgleichung nach vermittelnden Betrachtungen. Wiener Ber. **125** [2a], 125—133, 1916.

William A. Noyes and **Laurence C. Johnson.** A supposed effect of the form of container upon the density of a gas. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1017—1020, 1916.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

M. Planck. Einführung in die allgemeine Mechanik. Zum Gebrauch bei Vorlesungen und zum Selbstunterricht. Leipzig 1916. (Preis 7 ℳ.) *

Digitized by Google

Philipp Frank. Einige Bemerkungen zum Virialsatz. Wien. Ber. **124** [2a], 1173—1186, 1915.

J. Spielrein. Lehrbuch der Vektorrechnung nach den Bedürfnissen in der technischen Mechanik und Elektrizitätslehre. 386 S. Stuttgart, Verlag von Konrad Wittwer, 1916. (Preis 14 ℳ., geb. 16 ℳ.)

Johann Radon. Die Kettenlinie bei allgemeinster Massenverteilung. Wien. Ber. **125** [2a], 221—240, 1916. Berichtigung S. 339.

Otto Mieg. Natürliche Maschinen. 1. Insbesondere der Hebel im Lichte einer neuen Theorie nebst Beweis der algebraischen Zeichengesetze. 62 S. Danzig-Langfuhr, Selbstverlag, 1916.

Roland Weitzenböck. Über Bewegungsinvarianten. (IX. Mitteilung.) Wien. Ber. **125** [2a], 341—362, 1916.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Karl Wieghardt. Über einige wirklich durchführbare Ansätze zur Berechnung von Spannungszuständen des elastischen Kreisringes. Wien. Ber. **124** [2a], 1119—1142, 1915.

6. Hydromechanik.

T. W. Richards and **J. W. Shipley.** The compressibility of certain typical hydrocarbons, alcohols and ketones. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 989—999, 1916.

Theodore W. Richards and **Gorham W. Harris.** Further study of floating equilibrium. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1000—1010, 1916.

Winkel. Abhängigkeit der Wasserbewegung in einer Rohrleitung, insbesondere die Abhängigkeit der fließenden Wassermenge von der Höhenlage und der Ausbildung des Einlaufs, d. h. des Mundstückes. Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ingenieurw. **186**, 1916.

R. Schober. Versuche über den Reibungswiderstand zwischen fließendem Wasser und benetztem Umfange. 60 S. Dresden 1916.

W. Hessling. Schwungmischung und Turbulenz. Hydromechanische Betrachtungen. IV u. 28 S. Berlin 1916.

H. L. Rubach. Über die Entstehung und Fortbewegung des Wirbelpaares hinter zylindrischen Körpern. Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ingenieurw. **185**, 1916.

7. Kapillarität.

8. Aeromechanik.

Ertle Leslie Harrington. A redetermination of the absolute value of the coefficient of viscosity of air. Phys. Rev. (2) **8**, 738—751, 1916.

A. Hagenbach und **K. Gegauff.** Untersuchung des aerodynamischen Feldes einer kreisrunden Platte mit einer neuen Sonde. Phys. ZS. **18**, 21—30, 1917.

Heinrich Zlamal. Exakte Lösung des ballistischen Problems für das Luftwiderstandsgesetz $W = cv^n$. Wien. Anz. 1917, 13.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

Dayton Clarence Miller. The science of musical sounds. VIII u. 286 S. New York, The Macmillan Company, 1916.

2. Physiologische Akustik.

Digitized by Google

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Gilbert N. Lewis. The atom and the molecule. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 762—785, 1916.

Gregory Paul Baxter, Merritt Roy Grose and **Miner Louis Hartmann.** A revision of the atomic weight of cadmium. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 857—868, 1916.

Gregory Paul Baxter and **Merritt Roy Grose.** A revision of the atomic weight of zinc. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 868—873, 1916.

Theodore W. Richards and **Charles Wadsworth, 3d.** Further study of the atomic weight of lead of radioactive origin. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2613—2622, 1916.

T. W. Richards and **C. Wadsworth, 3d.** Density of radio-lead from pure Norwegian Cleveite. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1658—1659, 1916.

William A. Noyes and **Laurence C. Johnson.** A supposed effect of the form of container upon the density of a gas. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1017—1020, 1916.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

Joel H. Hildebrand. Solubility. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1452—1472, 1916.

Alexander Smith and **Herbert E. Eastlack.** Ammonium iodide, its solubilities and the absence of a transition point. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1500—1501, 1916.

John Johnston and **E. D. Williamson.** The complete solubility curve of calcium carbonate. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 975—982, 1916.

Alexander Smith and **Herbert E. Eastlack.** The allotropy and solubilities in water of ammonium bromide. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1261—1266, 1916.

Herbert F. Sill. The influence of pressure on solubility. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2632—2643, 1916.

William D. Harkins and **W. Tudor Pearce.** Ionization and solubility relations of salts of higher types. IV. Intermediate ions in solutions of uni-bivalent salts and of lanthanum iodate, a tri-univalent salt. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2679—2709, 1916.

William D. Harkins and **Harry M. Paine.** The effect of salts upon the solubility of other salts. VIIIa. The solubility relations of a very soluble bi-univalent salt. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2709—2714, 1916.

William D. Harkins and **W. Tudor Pearce.** The effect of salts upon the solubility of other salts. VIIIb. The solubility relations of some extremely soluble salts. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2714—2717, 1916.

G. A. Linhart. On the equilibria of mercuric chloride with other chlorides. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1272—1280, 1916.

Harold S. Davis. Supersaturated solutions of liquids in liquids. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1166—1178, 1916.

James H. Walton and **Albert Brann.** The effect of dissolved substances on the velocity of crystallization of water. II. The existence of hydrates in solution as an explanation of the retarding effect of the solute on the velocity of crystallization of water. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1161—1166, 1916.

H. D. Holler and **E. L. Peffer.** The density of aqueous solutions of copper sulfate and sulfuric acid. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1021—1028, 1916.

Digitized by Google

O. F. Tower. The viscosity of certain alcoholic solutions. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 833—844, 1916.

Elmer A. Harrington. The dielectric constant of aqueous solutions. Phys. Rev. (2) **8**, 581—594, 1916.

Theodore W. Richards. Suggestion concerning the statement of the phase rule. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 988—988, 1916.

M. H. Fischer und **M. O. Hooker.** Über das Entstehen und Zergehen von Emulsionen. Kolloid-ZS. **18**, 129—141, 1916. [Beibl. **40**, 607—608, 1916.

Marks Neidle. The temperature effect in dialysis and a simple rapid dialyzer. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1270—1272, 1916.

F. E. Bartell and **C. D. Hocker.** The relation of osmose of solutions of electrolytes to membrane potentials. Theoretical. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1029—1035, 1916.

F. E. Bartell and **C. D. Hocker.** The osmose of some solutions of electrolytes with porcellain membranes, and the relation of osmose to membrane potential. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1036—1049, 1916.

F. W. Mohr. Die Absorption von Radiumemanation durch Kokosnußkohle. Diss. Frankfurt a. M. 1916. [Beibl. **40**, 618, 1916.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

Aswini Kumar Datta and **Nilratan Dhar.** Accuracy of copper voltameters. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1156—1161, 1916.

Donald P. Smith and **Frederick H. Martin.** The occlusion of hydrogen by a palladium cathode. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2577—2594, 1916.

Frederick H. Getman. A study of the lead electrode. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 792—801, 1916.

Joel H. Hildebrand and **W. G. Bowers.** A study of the action of alkali on certain zinc salts by means of the hydrogen electrode. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 785—788, 1916.

Merle Randall. The extrapolation of conductance values. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 788—792, 1916.

Frederic G. Keyes and **W. J. Winninghoff.** The conductance of solutions of certain iodides in isoamyl and propyl alcohols. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1178—1188, 1916.

James Kendall. The specific conductivity of pure water in equilibrium with atmospheric carbon dioxide. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1480—1496, 1916.

Eugene P. Schoch and **Denton J. Brown.** An electro-analytical method for the determination and separation of the metals of copper-tin group. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1660—1681, 1916.

Eugene P. Schoch and **F. M. Crawford.** The electroanalysis of silver with solutions of silver chloride in ammonia. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1682, 1916.

4. Photochemie.

5. Thermochemie.

James M. Bell. Free energy and heat capacity. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2629—2630, 1916.

Digitized by Google

Theodore W. Richards. A Reply to the Foregoing Communication. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2631—2632, 1916.

James H. Ellis. The free energy of hydrochloric acid in aqueous solution. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 737—762, 1916.

Alexander Smith and **Robert Peyton Calvert.** The dissociation pressures of mercurous chloride. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 801—807, 1916.

Irving Langmuir. The dissociation of hydrogen into atoms. III. The mechanism of the reaction. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1145—1156, 1916.

J. C. Hostetter and **R. B. Sosman.** The dissociation of ferric oxide in air. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1188—1198, 1916.

William D. Harkins, R. E. Hall and **W. A. Roberts.** Studies on the cobalt ammines. I. Various ionization types as determined by the freezing-point lowering in aqueous solution, together with conductance measurements. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2643—2658, 1916.

Ralph E. Hall and **William D. Harkins.** The free energy of dilution and the freezing-point lowerings in solutions of some salts of various types of ionization and of salt mixtures. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2658—2676, 1916.

William D. Harkins and **W. A. Roberts.** The freezing-point lowerings in aqueous solutions of salts and mixtures of salts and of a salt with non-electrolyte. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2676—2679, 1916.

R. Kremann. Über die Energieänderung binärer Systeme. VIII. Mitteilung über den Zusammenhang der Mischungswärme und Dampfdruckkurven binärer Systeme. Monatsh. f. Chem. **37**, 369—389, 1916. [Beibl. **40**, 615—616, 1916.

I. H. Derby and **Victor Yngve.** The Dissociation tensions of certain hydrated chlorides and the vapor pressures of their saturated solutions. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1439—1451, 1916.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

John M. Blake. Plotting Crystal Zones on Paper. Sill. Journ. (4) **42**, 486—492, 1916.

R. B. Sosman and **J. C. Hostetter.** The oxides of iron. I. Solid solutions in the system Fe_2O_3—Fe_3O_4. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 807—833, 1916.

George Steiger. Mineralogic notes. Journ. Washington Acad. **7**, 6—12, 1917.

E. Küster. Über rhythmische Kristallisation. Beiträge zur Kenntnis der Liesegangschen Ringe und verwandter Phänomene. III. Kolloid-ZS. **14**, 307—319, 1914. [Beibl. **40**, 608, 1916.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

R. A. Millikan. The existence of a subelectron? Phys. Rev. (2) **8**, 595—625, 1916.

F. Ehrenhaft. Über die Struktur der Elektrizität. ZS. Österr. Ing.-Wes. 24 S., 1916.

O. Canter. Elektrizität und Elektromagnetismus. Lehrbuch für Elektrotechniker und Telegraphenbeamte. VI u. 136 S. Leipzig 1916. (Preis 2,80 ℳ.)

Digitized by Google

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 8.)

3. Elektrostatik.

Elmer A. Harrington. The dielectric constant of aqueous solutions. Phys. Rev. (2) **8**, 581—594, 1916.

Max Hartenheim. Die Analyse periodischer Wellen und ein neuer mechanischer Analysator. Elektrot. ZS. **38**, 49—52, 1917.

4. Maße und Meßinstrumente.

Merle Randall, F. Russell v. Bichowsky and **W. H. Rodebush.** The practical installation of the double combination potentiometer. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1266—1270, 1916.

5. Apparate.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Norman Hurd Ricker. The electrical conductivity of a Bunsen flame for small distances between the electrodes. Phys. Rev. (2) **8**, 626—632, 1916.

v. Glinski. Einfluß von Flammen auf die Durchschlagsentfernung zwischen Hörnerblitzableitern. Elektrot. ZS. **38**, 52, 1917.

G. Hirschel. Der elektrische Funken als Zerstäuber von Lösungen und seine Verwendung zur Erzeugung einer monochromatischen Lichtquelle. Rec. trav. chim. d. Pays-Bas **34**, 110—115, 1916. [Beibl. **40**, 621—622, 1916.

M. Wolfke. Stoßionisation der Gase durch Wärmebewegung. Phys. ZS. **18**, 34—35, 1917.

Leonard B. Loeb. On the mobilities of gas ions in high electric fields. Phys. Rev. (2) **8**, 633—650, 1916.

H. A. Bumstead. On the ionization of gases by alpha rays. Phys. Rev. (2) **8**, 715—720, 1916.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

A. J. Dempster. The properties of slow canal rays. Phys. Rev. (2) **8**, 651—662, 1916.

Digitized by Google

Stefan Meyer und **Egon R. v. Schweidler.** Radioaktivität. Mit 87 Abb. im Text. XI u. 542 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1916. (Naturwissenschaft und Technik in Lehre und Forschung. Eine Sammlung von Lehr- und Handbüchern, herausgegeben von K. T. Fischer.) (Preis 22,50 ℳ, geb. 24 ℳ; mit Teuerungszuschlag 26,40 ℳ.)

T. W. Richards and **C. Wadsworth, 3d.** Density of radio-lead from pure Norwegian Cleveite. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1658—1659, 1916.

T. W. Richards and **C. Wadsworth.** Further study of the atomic weight of lead of radioactive origin. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 2613—2622, 1916.

Józef Patkowski. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 91. Über die Menge des aktiven Niederschlages, welche sich auf verschiedenen Metallen beim Eintauchen in Radiumemanation absetzt. Wien. Ber. **125** [2a], 363—382, 1916.

H. A. Bumstead. On the ionization of gases by alpha rays. Phys. Rev. (2) **8**, 715—720, 1916.

F. W. Mohr. Die Absorption von Radiumemanation durch Kokosnußkohle. Diss. Frankfurt a. M., 1916. [Beibl. **40**, 618, 1916.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

T. Townsend Smith. The magnetic properties of hematite. Phys. Rev. (2) **8**, 721—737, 1916.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

August Hund. Eine neue Methode zur Bestimmung der magnetischen Kraftliniendichte und der Magnetisierungskurve. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 53—56, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

Karl Uller. Die Gültigkeitsgrenze des Fermatschen Prinzips; Kritik der Theorie der Refraktion und Extinktion von Wellen in inhomogenen Körpern. Phys. ZS. **18**, 35—41, 1917.

J. M. Burgers. Die adiabatischen Invarianten bedingt periodischer Systeme. Phys. ZS. **18**, 21, 1917.

Edwin C. Kemble. The distribution of angular velocities among diatomic gas molecules. Phys. Rev. (2) **8**, 689—700, 1916.

Edwin C. Kemble. On the occurrence of harmonics in the infra-red absorption spectra of gases. Phys. Rev. (2) **8**, 701—714, 1916.

Rubens. Das ultrarote Spektrum und seine Bedeutung für die Bestätigung der elektromagnetischen Lichttheorie. Berl. Ber. 1917, 47—63.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

F. E. Wright. The petrographic microscope in analysis. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1647—1657, 1916.

Digitized by Google

Paul Berberich. Über Justierung schlecht reflektierender Kristalle. Zentrabl. f. Min. 1917, 1—4.

G. W. Moffitt. A direct reading precision refractometer with uniformly divided scale. Phys. Rev. (2) 8, 668—673, 1916.

H. E. Howe. On a modification of the Hilger sector photometer method for measuring ultra-violet absorption and its application in the case of certain derivatives of fluoran. Phys. Rev. (2) 8, 674—688, 1916.

J. Koenigsberger. Biprismen in der Photometrie. Phys. ZS. 18, 34, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Charles H. Warren. A Graduated Sphere for the Solution of Problems in Crystal Optics. Sill. Journ. (4) 42, 493—495, 1916.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

Rubens. Das ultrarote Spektrum und seine Bedeutung für die Bestätigung der elektromagnetischen Lichttheorie. Berl. Ber. 1917, 47—63.

Albert Defant. Über Diffusion und Absorption in der Sonnenatmosphäre. Wien. Ber. 125 [2a], 495—525, 1916.

Edwin C. Kemble. Distribution of angular velocities among diatomic gas molecules. Phys. Rev. (2) 8, 689—700, 1916.

Edwin C. Kemble. On the occurrence of harmonics in the infra-red absorption spectra of gases. Phys. Rev. (2) 8, 701—714, 1916.

H. E. Howe. On a modification of the Hilger sector photometer method for measuring ultra-violet absorption and its application in the case of certain derivatives of fluoran. Phys. Rev. (2) 8, 674—688, 1916.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

N. E. Dorsey. Luminescence measurements. Journ. Washington Acad. 7, 1—6, 1917.

8. Physiologische Optik.

Johann Dauber. Untersuchungen über das psychophysische Moment in der Photometrie. Fortschr. d. Psycholog. 3, 102, 1915. [D. Opt. Wochenschr. 1917, 51—53.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Léon Schames. Zur Thermodynamik des Drosselvorgangs. Bemerkung zur gleichnamigen Arbeit von R. Plank. Phys. ZS. 18, 30—32, 1917.

R. Plank. Erwiderung auf die Bemerkungen des Herrn Léon Schames zu meiner Arbeit „Zur Thermodynamik des Drosselvorgangs". Phys. ZS. 18, 33, 1917.

Digitized by Google

2. Kinetische Theorie der Materie.

Edwin C. Kemble. Distribution of angular velocities among diatomic gas molecules. Phys. Rev. (2) **8**, 689—700, 1916.

Edwin C. Kemble. On the occurrence of harmonics in the infra-red absorption spectra of gases. Phys. Rev. (2) **8**, 701—714, 1916.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

Karl Scheel. Fernthermometer. Dinglers Journ. **332**, 1—6, 1917.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

Farrington Daniels. An adiabatic calorimeter. Journ. Amer. Chem. Soc. **38**, 1473—1479, 1916.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Prof. **Charlier.** The distribution of B. Stars. (Nova Acta Reg. Soc. Sci. Upsala (4) **4**, No. 7.) Nature **98**, 116, 1916.

1 B. Planeten und Monde.

Mercury visible before sunrise. Nature **98**, 116, 1916.

Dr. **Lowell** and **G. H. Hamilton.** Photographs of Mars. (Observatory, Sept.) Nature **98**, 77, 1916.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

R. K. Young. The spectroscopic binary χ Aurigae. (Journ. R. A. S. Canada **10**, 358.) Nature **98**, 116, 1916.

F. C. Leonard. The variable Star S. Ż. Cygni. Mon. Reg. Soc. Prac. Astr. **8**, no. 5.

R. M. Deeley, Abbeyfield. Variable Stars. Nature **98**, 109, 1916.

Martha B. Shapley. The Period of U Cephei. Astrophys J. **44**, 51.

The Nebulae H. II. 78 Leonis. Month. Not. **76**, 647.

Dr. **Max Wolf.** Spectrum of the Nebula H. IV, 39 Argûs. Sitz. Heidelberg Akad. d. Wiss., März 1916.

J. H. Reynolds. The variable Nebula in Corona Australis. Month. Not. **76**, 645.

1 D. Die Sonne.

Anomalous Dispersion in the Sun. Nature **98**, 136, 1916.

1 E. Kometen.

Encke's Comet. Nature **98**, 77, 1916.

1 F. Meteore und Meteoriten.

Denning. Fireball of October 3. Nature **98**, 136, 1916.

Fireball of Tuesday the 3rd. October at 8. 5 p. m over Devonshire. Nature **98**, 116, 1916.

Meteorite at Dinas Powis, near Cardiff on the night of September 26/27. Nature **98**, 95, 1916.

1 G. Zodiakallicht.

Digitized by Google

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Henry Helm Clayton. World meteorology. Weather variations over the earth's surface generally connected and their relation to food supply and to business conditions very marked. (In Science conspectus, publ. by the Soc. of arts, Mass. inst. of technology, Boston 1916, **6**, no 1, p. 20—28.)

Gennadii Andreevich Liuboslavskii. Osnovanica ucheniia o pogodie. [The Principles of meteorology.] 2 d. ed. Petrograd 1915. VII, 412 p., illus. (incl. charts, diagrs.) 5 pl. 26 cm. [In Russian.] *

Gennadii Andreevich Liuboslavskii. Sbornik v pamiat professora Gennadii Andreevich Liuboslavskago. [Miscellanous meteorological papers preceded by brief biographical sketches of the author.] Petrograd 1916. IV, 311 p. 9 pl. (incl. report.) 24½ cm. (Ot dielmji ottisk 29 vy puska, Iz viestii Imp. liesnogo inst.) [In Russian.] *

S. Fujiwhara. Abnormal propagation of sound waves in the atmosphere. (Abstr.) Month. Weather Rev. **44**, 436—440, 1916.

C. Davison. The abnormal propagation of sound by the atmosphere. Nature **98**, 71—72, 1916.

Ernest Esclangon. Sur les coups de canon et les zones de silence. C. R. Paris **163**, 167—169, 1916.

Carlo Negro. Indovinelli e curiosità nel campo della meteorologia. Boll. bimens. Soc. met. ital. Torino (3) **34**, 60—61, 1915, Ottobre, Nov.

F. Platania. L'Osservatorio meteorologico dell Collegio Pennisi. Inizi e Sviluppo, Acireale 1915. 8 p. 23½ cm.

Nevada. Agricultural experiment station. Annual report of the Board of control for the fiscal year ending June 30, 1915. Reno, Nov. 1916. 56 p. 23 cm. [Department of Meteorology by J. E. Church, jr. (incl. report of Mt. Rose obs.), p. 46—56.]

Tennessee, Department of agriculture. Tennessee . . . Facts about soil, climate, and rainfall. Nashville. [1916?] 69 p., illus. (incl. maps, diagrs.) fold. map. 23 cm.

Phillippine Islands. Weather bureau. Annual report for the year 1914. Part 3. Meteorological observations made at the secondary stations. Manila 1916. 339 p. 29 cm.

2 A2. Erforschung der oberen Luftschichten.

William Richards Blair, Professor of Meteorology, in charge. Introductory statement to Supplement No. 3, Aerology No. 1. Month. Weather Rev. Supple. Nr. 3, p. 5, 1916.

William Richards Blair, Professor of Meteorology, in charge. Meteorological observations on Board the „Seneca", April-July 1915. Month. Weather Rev. Supple. No. 3, 1916.

William Richards Blair, Professor of Meteorology, in charge. Sounding Balloon Ascensions at Fort Omaha, Nebr., May 8, 1915. Month. Weather Rev. Supple. Nr. 3, p. 7, 1916.

William Richards Blair, Professor of Meteorology, in charge. Drexel, Nebr., Aerological Station. Month. Weather Rev. Supple. No. 3, p. 7, 1916.

2 A3. Luftfahrt und Flugwesen.

Arthur W. Judge. The design of Aeroplanes. Pp. VIII + 212. (London: Whittaker & Co. 1916.) Price 9 sh. net. Ref.: G. H. B. Nature **98**, 45, 1916.

Aviation and Aerography. (Aviation and Aeronautical Engineering 2 nd. number.) Ref.: Nature **98**, 76—77, 1916.

Digitized by Google

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

Frank Wigglesworth Clarke. The data of geochemistry. 3d ed. Washington 1916. 821 p. 23 cm. (U. S. Geol. Surv. Bull. 616. Chapter 2: The atmosphere.)

2 C_1. Lufttemperatur.

2 C_2. Strahlung.

H. H. Kimball. Solar and sky radiation measurements during August 1916. Month. Weather Rev. **44**, 432—433, 1916.

R. Emden. Radiation equilibrium and atmospheric radiation. (Abstr.) Month. Weather Rev. **44**, 450—459, 1916.

2 D. Luftdruck.

2 E. Winde und Stürme.

Otto Klotz, Dominion Observatory Ottawa. Early use of the Word „Blizzard". Nature **98**, 129, 1916.

J. Scherer. Le cyclone du 12 août 1915 dans la République d'Haiti. Obs. mét. du seminaire-collège St.-Martial. Bull. semestriel. Port-au-Prince, Juillet-Dec. 1915, p. 154—167.

2 F. Wasserdampf.

Sophus Weber. Undersøgelser over isens damptryk. (In Oversigt over det Kgl. Danske videnskabernes selskabs forhandlinger, 1915. København 1916, p. 459—507.)

H. H. Kimball. High haze over the southwestern United States, July to September 1916. Month. Weather Rev. **44**, 433—434, 1916.

2 G. Niederschläge.

Dr. **G. C. Simpson.** The rainfall of India for 1914. Ref.: Nature **98**, 76, 1916.

Co-Ching-Chu. Distribution of precipitation in China during the typhoons of the summer of 1911. Month. Weather Rev. **44**, 446—450, 1916.

O. Hufeland. Long-time New York rainfall as basis for sewer design. Engineer. News New York **76**, 393—397, 450—454, 1916.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

C. T. R. Wilson. On some determinations of the sign and magnitude of electric discharges in lightning flashes. Proc. Roy. Soc. London (A) **92**, 555—574.

E. H. Nichols. The diurnal variation of atmospheric electrical quantities. London, Edinburgh, and Dublin philosoph. mag. London **32**, 282—294, 1916.

B. F. Mießner. A new explanation of sound phenomena accompanying disruptive electrical discharges in air. A new theory of thunder. Sc. Amer. supple. New York **82**, 212—214, 1916.

2 I. Meteorologische Optik.

W. G. Reed. Atmospheric refraction at Mount Hamilton, Cal. Month. Weather Rev. **44**, 434—436, 1916.

Digitized by Google

Dr. **Maurer**, Zürich. Optical Deterioration of the Atmosphere in July and August 1916. Nature **98**, 90, 1916.

Sawemontaró Nakamura. Observation of a horizontal rainbow of three bands. Journ. of the Met. Soc. of Japan Tokyo **35**, 13—15, 1916.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

2 M. Praktische Meteorologie.

Francesco Vercelli. Oscillazioni periodiche e previsione della pressione atmosferica. Milano 1916. 31 p. 2 pl. $32^1/_2$ cm. (Publ. del Reale osservatorio astr. di Brera in Milano no 53.)

2 N. Kosmische Meteorologie.

2 O. Meteorologische Apparate.

Eugene C. Howe. The determination of relative humidity. Science **44**, 396—398, 1916.

S. Leonard Bastin. Curious hygrometers and barometers. Homemade devices that tell the weather. Sc. Amer. New York **115**, 264, 269, 1916.

2 P. Klimatologie.

Walter Mörikofer. Klimatische Normalwerte für Basel. Basel 1916. S. 149—155. $23^1/_2$ cm. (S.-A. a. d. Verhandl. d. Naturf. Ges. in Basel **27**.)

G. Bigourdan. Le climat de la France: Température, Pression, Vents. Pp. 135. (Paris, Gauthier-Villars et Cie.) Preis 4 fr. Ref.: P. P. N. Nature **98**, 127—128, 1916.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

E. Walter Maunder. The stars as Guides for Night-marching in North Latitude 50^0. Pp. 72. (London: Charles H. Kelly, 1916.) Preis 2 s. net. Ref.: H. E. Goodson. Nature **98**, 67, 1916.

The astronomical Compass. Nature **98**, 98—99, 1916.

Dr. **J. D. White.** Steering by the Stars for Night-flying, Night-marching, and Night-Boat-work between Latitude 40^0 N. and 60^0 N. With Sketch-maps and Directions for finding the Selected Stars. Pp. 32. (London: J. D. Potter, n. d.) Price 1 s. Ref.: H. E. Goodson. Nature **98**, 67, 1916.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

J. Walter Leather. Soil temperatures. Calcutta and London. [1915.] p. 19—84. $24^1/_2$ cm. (Mem. of the Depart. of agricult. in India. Chemical series **4**, no. 2.)

Digitized by Google

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

C. Davison. The Sakura-Jima eruption of January 1914. Nature **98**, 57, 1916.

3 F. Erdbeben.

Emm. Mª. S. Navarro Neumans. Essais géophysiques. Travail produit par un tremblement de terre. Boll. Soc. sismol. ital. Modena **19**, 351—361, 1915.

Alfonso Cavasino. La frequenza nelle repliche del grande terremoto nella Marsica. Valle del Liri, del 23 gennaio 1915. Boll. Soc. sismol. ital. Modena **19**, 219—291, 1915.

Luigi Palazzo. Cronistoria dei terremoti ethiopici anteriori all'anno 1913. Boll. Soc. sismol. ital. Modena **19**, 293—350, 1916.

Luigi Palazzo. History of Ethiopian earthquakes. Boll. Soc. sismol. Ital. **19**, 293—350, 1915.

A. Cavasino. The after-shocks of the Italian earthquake of January 13, 1915. Boll. Soc. sismol. Ital. **19**, 219—291, 1915.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

The results obtained during 1913 and 1914 at the observatory near Tucson, Arizona. U. S. Coast and Geodetic Survey (Serial No. 23, Washington 1916).

Auroras observed during August 1916. Month. Weather Rev. **44**, 440—446, 1916.

Aurora and magnetic disturbances of August 27, 1916. Nature **98**, 57, 1916.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Phenomenal drifts and heights of North Atlantic ice. Monthly Meteorological Chart of the North Atlantic and Mediterr, October. Nature **98**, 97, 1916.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

A. Voller. Das Grundwasser in Hamburg. Mit Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit, der Lufttemperatur, der Niederschlagsmengen und der Flußwasserstände. 21. Heft, 1912. Hamburg 1913. 7 p. 3 pl. 34 cm. (Beiheft zum Jahrb. d. Hamburg. wissenschaft. Anstalten **30**, 1912.)

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **15. März 1917.** **Nr. 5.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekanntgeben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 5 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 14. bis 28. Februar 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Camille Jordan. Pierre Duhem. C. R. **163**, 277—278, 1916.

Mitteilungen der Physikalischen Gesellschaft Zürich. Zum Andenken an Dr. Alfred Kleiner, 1879/1916 Professor für Physik und Direktor des Physikalischen Instituts an der Universität Zürich. Nr. 18, 144 S. Zürich, Verlag Gebr. Leemann & Co., 1916. (Preis 3,60 ℳ.)

K. W. Wagner. Robert Lindemann †. Elektrot. ZS. **38**, 70, 1917.

Conrad Matschoß. Werner Siemens. Ein kurzgefaßtes Lebensbild nebst einer Auswahl seiner Briefe. Aus Anlaß der 100. Wiederkehr seines Geburtstages herausgegeben. 2 Bände. 1. Mit 3 Bildnissen und der Nachbildung eines Briefes. XI, 190 u. 314 S. 2. Mit 3 Bildnissen. S. 315—977. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1916. (Preis 20 ℳ.) *

G. Berthold. Die Originalluftpumpe Otto von Guerickes, Typus III. S.-A. Arch. f. d. Ges. d. Naturw. u. d. Techn. **7**, 426—427, 1916.

G. Berthold. Die Originalluftpumpe Otto von Guerickes. II. S.-A. Ann. d. Phys. (4) **51**, 881—882, 1916.

R. Rüdenberg. Zum 50-jährigen Bestehen der Dynamomaschine. Elektrot. ZS. **38**, 61—62, 1917.

Le Chatelier. Les laboratoires nationaux de recherche scientifique. Rapport. C. R. **163**, 581—588, 1916. Berichtigung S. 776.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

3. Maß und Messen.

Marcel Brillouin. La méthode des moindres carrés et les applications aux dérivées partielles de la physique mathématique. Ann. de phys. (9) **6**, 137—228, 1916.

Digitized by Google

Hans Schwerdt. Über graphische Darstellungen mit Kurvenscharen. Phys. ZS. **18**, 45—53, 1917.

Max Hartenheim. Die Analyse periodischer Wellen und ein neuer mechanischer Analysator. (Schluß.) Elektrot. ZS. **38**, 65—67, 1917.

Ch. Éd. Guillaume. Modifications de la dilatabilité de l'invar par des actions mécaniques ou thermiques. C. R. **163**, 654—658, 1916.

Ch. Éd. Guillaume. Écrouissage et dilatabilité de l'invar. C. R. **163**, 741—744, 1916.

Ch. Éd. Guillaume. Homogénéité de dilatation de l'invar. C. R. **163**, 966—969, 1916.

Henry Le Chatelier et **F. Bogitch.** Sur la détermination de la densité des corps solides. C. R. **163**, 459—463, 1916.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

A. Einstein. Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Berl. Ber. 1917, 142—152.

G. Koenigs. Sur un mouvement plan particulier à deux paramètres. C. R. **163**, 511—514, 1916.

G. Koenigs. Sur les propriétés du second ordre des mouvements plans à deux paramètres. C. R. **163**, 603—606, 1916.

G. Koenigs. Sur la forme géométrique générale des propriétés du second ordre des mouvements plans à deux paramètres. C. R. **163**, 658—660, 1916.

H. Vergne. Sur une méthode de calcul des perturbations d'un mouvement connu. C. R. **163**, 606—608, 1916.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

L. Hartmann. Variation systématique de la valeur de la force vive dans le choc élastique des corps. C. R. **163**, 559—562, 1916.

Mesnager. Formules de la plaque mince encastrée sur un contour rectangulaire plan. C. R. **163**, 661—663, 1916.

Mesnager. Formules de la plaque mince encastrée sur un contour rectangulaire plan. C. R. **163**, 748—750, 1916.

Baticle. Sur le calcul des voûtes épaisses soumises à une pression uniforme. C. R. **163**, 696—700, 1916.

Baticle. Sur l'application de la théorie des équations intégrales à certains calculs relatifs à la stabilité des constructions (problème à une dimension.) C. R. **163**, 978—980, 1916.

Charles W. Burrows. Correlation of the magnetic and mechanical properties of steel. Bull. Bur. of Stand. **13**, 173—210, 1916.

Georg Steinmetz. Drehungsmessung am laufenden Riemen. 20 S. Diss. Techn. Hochsch. Berlin 1917.

6. Hydromechanik.

B. Globa-Mikhailenko. Sur une nouvelle figure d'équilibre d'une masse fluide en rotation. C. R. **163**, 700—703, 1916.

Marcel Brillouin. Solution fondamentale (sources) dans un liquide pesant à surface libre. C. R. **163**, 694—696, 1916. Berichtigung S. 992.

Denis Eydoux. Sur les modifications des coups de bélier dans les conduites d'épaisseur et de diamètre variables. C. R. **163**, 265—269, 1916.

Digitized by Google

Denis Eydoux. Sur la transmission de coups de béliers dans les conduites prétendant des bifurcations. Application aux cheminées d'équilibre. C. R. **163**, 346—349, 1916.

De Sparre. Au sujet des coups de bélier dans une conduite forcée, formée de deux sections de diamètres différents. C. R. **163**, 959—963, 1916.

Eugene C. Bingham. An investigation of the laws of plastic flow. Bull. Bur. of Stand. **13**, 309—353, 1916.

C. Camichel. Sur la détermination de la vitesse de propagation a dans les conduites forcées industrielles. C. R. **163**, 438—440, 1916.

7. Kapillarität.

G. Gouy. Sur la fonction électrocapillaire. Ann. de phys. (9) **6**, 5—70, 1916.

8. Aeromechanik.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

K. Hencky. Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnis vom Schutz gegen Schall und Erschütterungen. Die Naturwissenschaften **5**, 97—102, 1917.

A. Perot. Influence du vent sur les conditions d'audition du son. C. R. **163**, 272—273, 1916.

G. Bigourdan. Sur la propagation à grande distance du bruit de la canonnade du front. C. R. **163**, 323—324, 1916.

Frédérick Houssay. Sur l'audition des canonnades lointaines. Complexité de la question. C. R. **163**, 350—352, 1916.

Ernest Esclangon. Sur le principe de Doppler et le sifflement des projectiles. C. R. **163**, 289—291, 1916.

2. Physiologische Akustik.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

James Brierley Firth. Practical Physical Chemistry. XII u. 178 S. New York, D. Van Nostrand Company, 1916. (Preis 1 $.)

G. Urbain. Poids atomiques internationaux pour 1917. Bull. soc. chim. (4) **19**, 437, 1916.

Oechsner de Coninck et **Gérard.** Poids atomique du plomb. C. R. **163**, 514—515, 1916.

E. Moles, C. Reimann et **W. Murray.** Révision de la densité du gaz bromhydrique et poids atomique du brome. C. R. séance soc. suisse de chim. tenue à Schuls le 8 août 1916. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 419, 1916.

George K. Burgess and **Paul D. Foote.** A study of the quality of platinum ware. Bull. Bur. of Stand. **12**, 289—316, 1915.

H. Bordier et **G. Roy.** Sur l'iode colloïdal. C. R. **163**, 567—569, 1916.

Digitized by Google

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

H. D. Holler and E. L. Peffer. Relation between composition and density of aqueous solutions of copper sulphate and sulphuric acid. Bull. Bur. of Stand. **13**, 273—281, 1916.

E. R. Weaver. Colorimetric determination of acetylene and its application of the determination of water. Bull. Bur. of Stand. **13**, 27—65, 1916.

J. A. Muller. Sur l'ionisation de l'acide sulfurique et du sulfate neutre de potassium en solutions aqueuses de concentrations moyennes. Bull. soc. chim. (4) **19**, 438—441, 1916.

A. Colani. Solubilité des oxalates alcalins en présence de quelques sels alcalins. Bull. soc. chim. (4) **19**, 405—407, 1916.

H. W. Gillet. Emulsions and suspensions with molten metals. Journ. phys. chem. **20**, 729—733, 1916.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

G. Gouy. Sur la fonction électrocapillaire. Ann. de phys. (9) **6**, 5—36, 1916.

J. A. Muller. Remarques sur quelques électrolyses. Bull. soc. chim. (4) **19**, 441—444, 1916.

G. W. Vinal and William M. Bovard. Inclusions in the silver voltameter deposits. Bull. Bur. of Stand. **13**, 147—172, 1916.

Josef Nussbaum. Einiges über elektrolytische Metallfällung. S.-A. ZS. Österr. Ing.- u. Arch.-Ver., 15 S., 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 52.

4. Photochemie.

5. Thermochemie.

Ivar W. Cederberg. Die thermodynamische Berechnung chemischer Affinitäten von homogenen und heterogenen Gasreaktionen. VI u. 109 S. Berlin, Kommissionsverlag von R. Friedländer & Sohn, 1916.

L. Gay. La notion de tension d'expansibilité. Ann. de phys. (9) **6**, 36—136, 1916.

Félix Michaud. Contribution à l'étude des mélanges. Ann. de phys. (9) **6**, 223—264, 1916.

A. March. Kinetische Theorie der Reaktionsgeschwindigkeit. Phys. ZS. **18**, 53—59, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

Paul Gaubert. Sur les liquides cristallins obtenus par évaporation d'une solution. C. R. **163**, 392—394, 1916.

F. Grandjean. L'orientation des liquides anisotropes sur les cristaux. C. R. **163**, 394—395, 1916.

J. R. Cain, E. Schramm, and H. E. Cleaves. Preparation of pure iron and iron-carbon alloys. Bull. Bur. of Stand. **13**, 1—26, 1916.

Henry Le Chatelier. Sur la cristobalite. C. R. **163**, 948—954, 1916.

Digitized by Google

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

W. Voigt. Fragen der Pyro- und Piezoelektrizität der Kristalle. III. Über die experimentelle Bestimmung der permanenten zentrisch-symmetrischen Momente. Phys. ZS. **18**, 59—67, 1917.

Louis Roy. Le problème du mur en Électrodynamique. C. R. **163**, 608—611, 1916.

Louis Roy. Le problème du mur et son application à la décharge d'un condensateur sur son propre diélectrique. C. R. **163**, 703—705, 1916.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

W. Voigt. Fragen der Pyro- und Piezoelektrizität der Kristalle. III. Über die experimentelle Bestimmung der permanenten zentrisch-symmetrischen Momente. Phys. ZS. **18**, 59—67, 1917.

3. Elektrostatik.

Louis Roy. Le problème du mur et son application à la décharge d'un condensateur sur son propre diélectrique. C. R. **163**, 703—705, 1916.

L. Bouchet. Sur les variations d'épaisseur d'une lame de caoutchouc sous l'influence d'un champ électrostatique. C. R. **163**, 479—481, 1916.

Édouard Branly. Conductibilités de l'air et du mica. C. R. **163**, 943—948, 1916.

4. Maße und Meßinstrumente.

F. A. Wolff, M. P. Shoemaker, and **C. A. Briggs.** Constructions of primary mercurial resistance standards. Bull. Bur. of Stand. **12**, 375—464, 1916.

Frank Wenner, Ernest Weibel, and **F. B. Silsbee.** Methods of measuring the inductances of low-resistance standards. Bull. Bur. of Stand. **12**, 11—22, 1915.

Frank Wenner. General design of critically damped galvanometers. Bull. Bur. of Stand. **13**, 211—244, 1916.

Frank Wenner. A method of measuring earth resistivity. Bull. Bur. of Stand. **12**, 469—478, 1916.

5. Apparate.

H. du Bois. Theorie der Zugarmaturen und Zugspulen. (Dritte Mitteilung.) Ann. d. Phys. (4) **51**, 797—827, 1916.

Chr. Ries. Trägheitslose Selenzellen. ZS. f. Feinmech. **25**, 21—23, 1917.

C. Bergholm. Ein Detektor mit gelöteten Kontakten. Ann. d. Phys. (4) **52**, 101—104, 1917.

W. Winkelmann. Das Fernsprechwesen. 1. Band. Grundlagen und Einzelapparate der Fernsprechtechnik. Mit 56 Abbildungen. 135 S. 2. Band. Fernsprechanlagen, ihre Ausführung und ihr Betrieb. Mit 59 Abbildungen. 141 S. Berlin und Leipzig, G. J. Göschensche Verlagshandlung, G. m. b. H., 1916. (Sammlung Göschen, 155 u. 773. Bändchen.) (Preis geb. je 1 ℳ.) *

Digitized by Google

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

Carl Benedicks. Un effet nouveau, relatif à la thermo-électricité et à la conductibilité thermique des métaux. C. R. **163**, 751—753, 1916.

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

Carl Benedicks. Un effet nouveau, relatif à la thermo-électricité et à la conductibilité thermique des métaux. C. R. **163**, 751—753, 1916.

John M. Miller. Effective resistance and inductance of iron and bimetallic wires. Bull. Bur. of Stand. **12**, 207—268, 1915.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Ch. E. Guye. Champ moléculaire et décharge disruptive. (2me note.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 374—377, 1916.

Werner Germershausen. Über die Elektronenemission des Calciumoxyds in Gasen und im extremen Vakuum. Ann. d. Phys. (4) **51**, 847—880, 1916.

L. Andrén. Zählung und Messung der komplexen Moleküle einiger Dämpfe nach der neuen Kondensationstheorie. Ann. d. Phys. (4) **52**, 1—71, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

Ch. E. Guye et **Ch. Lavanchy.** Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein par les Rayons cathodiques de grande vitesse. (Suite.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 353—373, 1916.

L. Vegard. Über die Lichterregung bei den Kanalstrahlen. Ann. d. Phys. (4) **52**, 72—100, 1917.

K. Norden. Die Technik der Kathodenstrahlen. ZS. f. Feinmech. **25**, 24—28, 1917.

R. Ledoux-Lebard et **A. Dauvillier.** Recherches théoriques et expérimentales sur les bases de la dosimétrie radiologique. C. R. **163**, 667—669, 1916. Berichtigung S. 776.

J. Brentano. Interferenz der Röntgenstrahlen. Schluß. D. Opt. Wochenschr. 1917, 70—71.

De Broglie. Sur un système de bandes d'absorption correspondant aux rayons L des spectres de rayons X des éléments, et sur l'importance des phénomènes d'absorption sélective en radiographie. C. R. **163**, 352—355, 1916.

R. Ledoux-Lebard et **A. Dauvillier.** La série K du tungstène et l'excitation des rayons X au point de vue de la théorie des quanta. C. R. **163**, 754—757, 1916.

H. Bordier. Action des rayons X sur l'iode et l'iodure d'amidon en milieu aqueux. C. R. **163**, 291—293, 1916.

Marcel Boll et **Lucien Mallet.** Détermination des constantes pratiques du tube Coolidge. C. R. **163**, 302—305, 1916.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

Charles W. Burrows. Correlation of the magnetic and mechanical properties of steel. Bull. Bur. of Stand. **13**, 173—210, 1916.

Digitized by Google

P. Weiss, A. Piccard et A. Carrard. Calorimétrie des substances ferromagnétiques. Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 378—401, 1916.

Raymond L. Sanford. Temperature coefficient of magnetic permeability within the working range. Bull. Bur. of Stand. **12**, 1—10, 1915.

John M. Miller. Effective resistance and inductance of iron and bimetallic wires. Bull. Bur. of Stand. **12**, 207—268, 1915.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

Frederick W. Grover. Calculation of the maximum force between two coaxial circular currents. Bull. Bur. of Stand. **12**, 317—374, 1916.

Désiré Korda. La consonance polyphasée et son rôle dans les transformateurs statiques de fréquence. Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 402—417, 1916.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

Hans Rein. Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von K. Wirtz. Mit einem Bildnis des Verfassers, 355 Textfiguren und 4 lithographierten Tafeln. XVI u. 406 S. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Preis geb. 20 ℳ.)

C. Bergholm. Ein Detektor mit gelöteten Kontakten. Ann. d. Phys. (4) **52**, 101—104, 1917.

John M. Miller. Effect of imperfect in the field of a radiotelegraphic antenna. Bull. Bur. of Stand. **13**, 129—136, 1916.

L. W. Austin. Note on the resistance of radiotelegraphic antennas. Bull. Bur. of Stand. **12**, 465—468, 1916.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

Paul D. Foote. A new relation derived from Planck's law. Bull. Bur. of Stand. **12**, 479—482, 1916.

P. Zeeman. Mesure directe de la vitesse axiale de l'eau dans l'expérience de Fizeau. C. R. **163**, 235—236, 1916.

P. Zeeman. L'entraînement, des ondes lumineuses et les phénomènes solaires. C. R. **163**, 269—271, 1916.

Leo Graetz. Das Licht und die Farben. (Einführung in die Optik.) Sechs Vorlesungen, gehalten im Volkshochschulverein München. 4. Aufl. (15. bis 20. Tausend). Mit 100 Abbildungen. V u. 130 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1916. (Sammlung: „Aus Natur und Geisteswelt", 17. Bändchen.)

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

J. Lifschitz. Méthodes de mesure et calcul de l'absorption de la lumière. C. R. séance soc. suisse de chim. tenue à Schuls le 8 août 1916. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 422—423, 1916.

Frederick Bates and Richard F. Jackson. Constants of the quartz-wedge saccharimeter and the specific rotation of sucrose. I. The constants for the 26-gram normal weight. Bull. Bur. of Stand. **13**, 67—128, 1916.

Digitized by Google

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

P. Zeeman. Mesure directe de la vitesse axiale de l'eau dans l'expérience de Fizeau. C. R. **163**, 235—236, 1916.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Frederick Bates and **Richard F. Jackson.** Constants of the quartz-wedge saccharimeter and the specific rotation of sucrose. I. The constants for the 26-gram normal weight. Bull. Bur. of Stand. **13**, 67—128, 1916.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

Maurice Hamy. Sur une formule de réduction des spectres prismatiques. C. R. **163**, 463—465, 1916.

Keivin Burns and **W. F. Meggers.** Interference measurements of wave lengths in the iron spectrum (2851—3701) with notes on comparisons of lengths of light waves by interference methods. and some wave lengths in the spectrum of neon gas. Bull. Bur. of Stand. **12**, 179—206, 1915.

Keivin Burns, W. F. Meggers and **Paul W. Merrill.** Interference measurements of wave lengths in the iron spectrum (3233 A—6750 A). Bull. Bur. of Stand. **13**, 245—272, 1916.

G. A. Hemsalech. Sur les groupements des raies du fer sous l'influence sélective d'actions thermiques et chimiques. C. R. **163**, 757—759, 1916.

A. de Gramont. Observations sur la Communication de M. G. A. Hemsalech. C. R. **163**, 759—760, 1916.

George K. Burgess and **Paul D. Foote.** The emissivity of metals and oxides. IV. Iron oxide. Bull. Bur. of Stand. **12**, 83—90, 1915.

De Broglie. Sur un système de bandes d'absorption correspondant aux rayons L des spectres de rayons X des éléments, et sur l'importance de phénomènes d'absorption sélective en radiographie. C. R. **163**, 352—355, 1916.

R. Ledoux-Lebard et **A. Dauvillier.** La série K du tungstène et l'excitation des rayons X au point de vue de la théorie des quanta. C. R. **163**, 754—757, 1916.

Paul D. Foote and **C. O. Fairchild.** Luminosity of a black body and temperature. Bull. Bur. of Stand. **13**, 137—145, 1916.

W. W. Coblentz. Present status of the determination of the constant of total radiation from a black body. Bull. Bur. of Stand. **12**, 553—579; Note I. On standards of radiation, ebenda 580—582, 1916.

Paul D. Foote. Illumination from a radiating disk. Bull. Bur. of Stand. **12**, 583—586, 1916.

W. W. Coblentz and **W. B. Emerson.** Studies of instruments for measuring radiant energy in absolute value: An absolute thermopile. Bull. Bur. of Stand. **12**, 503—551, 1916.

J. F. Skogland. A direct-reading device for use in computing characteristics of vacuum tungsten lamps. Bull. Bur. of Stand. **12**, 269—288, 1915.

Paul D. Foote. „Center of gravity" and „effective wave length" of transmission of pyrometer color screens, and the extrapolation of the high temperature scale. Bull. Bur. of Stand. **12**, 483—501, 1916.

Digitized by Google

G. W. Middlekauff and **J. F. Skogland.** An interlaboratory photometric comparison of glass screens and of tungsten lamps, involving color differences. Bull. Bur. of Stand. **13**, 287—307, 1916.

G. W. Middlekauff and **J. F. Skogland.** Photometry of the gas-filled lamp. Bull. Bur. of Stand. **12**, 587—604, 1916.

G. W. Middlekauff, B. Mulligan, and **J. F. Skogland.** Life testing of incandescent lamps at the Bureau of Standards. Bull. Bur. of Stand. **12**, 605—630, 1916.

N. A. Halbertsma. Über die Bestimmung der mittleren räumlichen Lichtstärke. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 65—71, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

E. Ariès. Sur la détermination de l'énergie libre par l'équation d'état de Clausius. C. R. **163**, 737—741, 1916.

E. Ariès. Sur une forme de la fonction de la température dans l'équation d'état de Clausius. C. R. **163**, 963—966, 1916.

2. Kinetische Theorie der Materie.

A. March. Kinetische Theorie der Reaktionsgeschwindigkeit. Phys. ZS. **18**, 53—59, 1917.

Martin Knudsen. Die Verdampfung von Kristalloberflächen. Ann. d. Phys. (4) **52**, 105—108, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

Ch. Ed. Guillaume. Modifications de la dilatabilité de l'invar par des actions mécaniques et thermiques. C. R. **163**, 654—658, 1916.

Ch. Ed. Guillaume. Ecrouissage et dilatabilité de l'invar. C. R. **163**, 741—744, 1916.

Ch. Ed. Guillaume. Homogénéité de dilatation de l'invar. C. R. **163**, 966—969, 1916.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

Arthur W. Gray. Protected thermoelements. Bull. Bur. of Stand. **13**, 283—285, 1916.

George K. Burgess and **Paul D. Foote.** Characteristics of radiation pyrometers. Bull. Bur. of Stand. **12**, 91—178, 1915.

Paul D. Foote and **C. O. Fairchild.** Luminosity of a black body and temperature. Bull. Bur. of Stand. **13**, 137—145, 1916.

W. W. Coblentz. Present status of the determination of the constant of total radiation from a black body. Bull. Bur. of Stand. **12**, 553—579; Note I. On standards of radiation, ebenda 580—582, 1916.

Digitized by Google

W. W. Coblentz and **W. B. Emerson.** Studies on instruments for measuring radiant energy in absolute value. An absolute thermopile. Bull. Bur. of Stand. **12**, 503—551, 1916.

Paul D. Foote. „Center of gravity" and „effective wave length" of transmission of pyrometer color screens, and the extrapolation of the high temperature scale. Bull. Bur. of Stand. **12**, 483—501, 1916.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

E. Ariès. Sur la détermination de l'énergie libre par l'équation d'état de Clausius. C. R. **163**, 737—741, 1916.

E. Ariès. Sur une forme de la fonction de la température dans l'équation d'état de Clausius. C. R. **163**, 963—966, 1916.

L. Andrén. Zählung und Messung der komplexen Moleküle einiger Dämpfe nach der neuen Kondensationstheorie. Ann. d. Phys. (4) **52**, 1—71, 1917.

Martin Knudsen. Die Verdampfung von Kristalloberflächen. Ann. d. Phys. (4) **52**, 105—108, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

P. Weiss, A. Piccard et **A. Carrard.** Calorimétrie des substances ferromagnétiques. Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 378—401, 1916.

Paul Günther. Untersuchungen über die spezifische Wärme bei tiefen Temperaturen. Ann. d. Phys. (4) **51**, 828—846, 1916.

H. C. Dickinson and **N. S. Osborne.** Specific heat and heat of fusion of ice. Bull. Bur. of Stand. **12**, 49—82, 1915.

H. C. Dickinson and **N. S. Osborne.** An aneroid calorimeter. Bull. Bur. of Stand. **12**; 23—48, 1915.

7. Wärmeleitung.

Carl Benedicks. Un effet nouveau, relatif à la thermo-électricité et à la conductibilité thermiqne des métaux. C. R. **163**, 751—753, 1916.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

1 B. Planeten und Monde.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

1 D. Die Sonne.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

Friedr. Schmid. Zodiakallicht und Dämmerungsschein III. Astr. ZS. **10**, 139—141, 1916.

2. Meteorologie.

2 A$_L$. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Robert Henry Scott †. Met. ZS. **33**, 538—539, 1916.

E. J. Houston. The elements of physical geography. New York, Hinds Noble & Eldrege, 1916. 8°. Preis 1,25 $. *

E. T. Quayle. Graphical method of showing the daily weather. Month. Weather Rev. **44**, 460, 1916.

G. Gouy. Sur l'état variable des mélanges gazeux sommis à la pesanteur avec des applications aux atmosphères de la terre et du soleil. Paris 1916. 8°. [Ann. de phys. (9), P. 5, 121—130.]

J. von Hann. Bewölkung und Sonnenschein auf dem Sonnwendstein (1470 m) bei Wien. Met. ZS. **33**, 554—556, 1916.

Adolf Dercum in Zweibrücken. Wetterverlauf der letzten zwölf Monate (Oktober 1915 bis September 1916). Wetter **33**, 286—288, 1916.

A. Knörzer. Beziehungen zwischen der Reifezeit des Winterroggens und den Temperaturhöchstwerten. München 1916. 8°. S.-A. Landwirtschaftl. Jahrb. für Bayern 1916. 6. Jahrg., Nr. 6, 263—271.

Hermann Rübesamen. Über Empfangsstörungen und elektrisch-meteorologische Elemente der Atmosphäre. (Mitt. d. Phys. Versuchsstation Halle-Cröllwitz, Nr. 39.) Inaugural-Dissertation. Halle a. S. 1915. 4°. 26 S., 9 Blatt, 2 Tafeln.

Wilh. Hillers, Hamburg. Über eine vermutete Beobachtung außerordentlich weiter Hörbarkeit des Geschützdonners. Met. ZS. **33**, 548—550, 1916.

Digitized by Google

W. Brand. Jährliche Hörbarkeitsperiode des Geschützdonners und seine größten bisherigen Reichweiten (nach neuen Ermittelungen). Marburg i. H. 1916. 8°. S.-A. Sitzber. Ges. Beförder. gesamt. Naturw. Marburg 1916. Nr. 5. S. 51—75.

Henry Hagemeister, Rostocker Luftwarte. Vervielfältigung des Knalles von Kanonenschüssen. Met. ZS. **33**, 553, 1916.

C. C. Clark. Extension of U. S. Weather Bureau Service. Month. Weather Rev. **44**, 463—465, 1916.

R. H. Finch. Government safety-first train. Month. Weather Rev. **44**, 459—460, 1916.

Ergebnisse der Beobachtungen an der meteorologischen Station zweiter Ordnung in Meiningen und an den Regenstationen des Herzogtums, 1915. (Meiningen 1916.) 4°. 6 S.

Monatliche Mitteilungen der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Wien. Hohe Warte, Oktober, November 1916. Wien. Anz. Nr. 25, S. 321—326, Nr. 27, S. 355—360, 1916.

Jahrbuch der meteorologischen, erdmagnetischen und seismischen Beobachtungen (Pola). Neue Folge, XX. Bd. (54. Jahrg. d. g. Reihe). Beobachtungen des Jahres 1915. Herausgegeben von der Direktion des Hydrographischen Amtes. (Veröffentl. Hydrogr. Amt. k. u. k. Kriegsmarine Pola, Nr. 37, Gruppe II.) Pola 1916. 4°. XXXVII, 152 S.

Meteorologisk Aarbog. 1ste del: Kongerik Danmark (undtagen Faeroerne, Island, Grønland og Vestindien) 1915. Publikationer fra det Danske Meteorologiske Institut ved b. Ryder, director. Aarboger Kjøbenhavn 1916. 4°. XII, 75 S. 2den del: Faerorne, Island, Grønland og Vestindien 1914. Kjøbenhavn 1916. 4°. VIII, 85 S.

Anales del Observatorio del Colegio „Ntra. Sra. de Montserrat" (Cienfuegos), Nr. 5. Observaciones meteorologicas de 1915. Habana 1916. Folio. 1 Bl., 7 S., 39 Bl.

Raoul Gautier. Résumé météorologique de l'année 1915 pour Genève et le Grand Saint-Bernard. (Suite et fin.) Arch. sc. phys. et nat. **121**, 300—319, 1916.

Observations météorologiques faites à l'observatoire de Genève pendant le mois de Septembre 1916. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 345—352, 1916.

N. Venkatesa Iyengar. Meteorology in Mysore for 1914. (Mysore Meteor. Departm.) 22d annual rep. Bangalore 1916. 4°. XI, 56 S., 1 Taf.

Prof. **G. von Elsner.** Übersicht über die Witterung in Zentraleuropa im Oktober 1916. Wetter **33**, 281—282, 1916.

Weather conditions over the North Atlantic during August, 1915. Month. Weather Rev. **44**, 487—490, 1916.

P. C. Day. The weather of the month August 1916. Month. Weather Rev. **44**, 486—487, 1916.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Carl Scholtz in Lindenberg. Die Erscheinungen der höheren Luftschichten über Lindenberg im November 1916. Wetter **33**, 283—284, 1916.

A. Kopfmüller in Friedrichshafen. Die aerologischen Arbeiten der Drachenstation am Bodensee im November 1916. Wetter **33**, 284—285, 1916.

Die Temperatur der oberen Luftschichten im November 1916. Königl. Preuß. Aeronautisches Observatorium Lindenberg und Drachenstation am Bodensee in Friedrichshafen. Kartenbeilage zu Wetter **33**, Heft 12, 1916.

Internationale Ballonfahrt vom 7. September 1916. Unbemannter Ballon. Wien. Anz. Nr. 25, S. 328—329, 1916.

Griffith Taylor. Initial investigations in the upper air of Australia. (Australia. Commonwealth Bur. of Met. Bull, Nr. 13.) Melbourne 1916. 4°. 16 S.

Observations and Investigations made at the Blue Hill Meteorological Observatory. Massachusetts, U. S. A. in the year 1915, with summaries for thirty years, 1886—1915. Ann. Astr. Obs. Harvard Coll. **73**, Part. 3. Cambridge 1916. 4°. 2, 49 S., 6 Tafeln.

Digitized by Google

2 A$_3$. Luftfahrt und Flugwesen.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

Leonhard Weber. Die Albedo des Luftplanktons. Ann. d. Phys. **51**, 427—449, 1916.

Albert Wigand. Die Ionisierung der Erdatmosphäre durch den Halleyschen Kometen 1910. Ein Beitrag zur Kenntnis des Ursprungs der durchdringenden Strahlung. Phys. ZS. **18**, 1—6, 1917.

W. F. G. Swann. On the ionization of the upper atmosphere Terr. Magn. **21**, 1—8, 1916.

Paul L. Mercanton. L'influence du relief terrestre sur la teneur en ions de l'atmosphère. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 341—344, 1916.

2 C$_1$. Lufttemperatur.

Dr. **A. Defant.** Die nächtliche Abkühlung der unteren Luftschichten und der Erdoberfläche in Abhängigkeit vom Wasserdampfgehalt der Atmosphäre. Wien. Anz. Nr. 25, S. 316—318, 1916.

2 C$_2$. Strahlung.

Dorno. Die Physik der Sonnenstrahlung. Leipzig 1916. 8°. S.-A. aus Dietrich und Kaminer: Handb. d. Balneol. Mediz. Klimatol. u. Balneogr. **1**, Abschnitt D, S. 504—533.

Anders Angström (Upsala). Über die Gegenstrahlung der Atmosphäre. Met. ZS. **33**, 529—538, 1916.

2 D. Luftdruck.

Dr. **Göschl** (Salzburg-Parsch). Nachweis der 3.2-monatlichen Hochdruckwanderung an relativen Druckschwankungen. Met. ZS. **33**, 556—557, 1916.

2 E. Winde und Stürme.

Berechnung von Windhäufigkeiten nach der Differenzenmethode. Met. ZS. **33**, 541—544, 1916.

Alexander Mc Adie. The winds of Boston and vicinity. Ann. Astr. Obs. Harvard Coll. **73**, Part. 3. Cambridge 1916.

Arthur W. Stevens. Tornado in Utah. Month. Weather Rev. **44**, 459, 1916.

2 F. Wasserdampf.

J. von Hann. Der jährliche und tägliche Gang der relativen Feuchtigkeit auf dem Sonnwendstein (1470 m) bei Wien. Met. ZS. **33**, 550—553, 1916.

F. E. Hartwell. Tower cloud at San Juan, P. R.? Month. Weather Rev. **44**, 460—461, 1916.

2 G. Niederschläge.

Francis E. Lloyd. The Structure of Hailstones of Exceptional Form and Size. Thirty fifth meeting R. Soc. Canada. Science **44**, 832, 1916.

Walther Felix Glass. Die Niederschlagsverhältnisse von Leipzig, Freiberg und Reitzenhain während der fünfzig Jahre von 1864 bis 1913. Inaugural-Dissertation. Leipzig. (Das Klima des Königreiches Sachsen, Heft VIII.) Dresden 1915. 4°. 2 Blatt, 64 S., 3 Tafeln.

Digitized by Google

G. von Elsner. Niederschlagsmengen in Zentraleuropa in Millimetern. Oktober 1916. Kartenbeilage zu Wetter **33**, Heft 12. 1916.
Dr. **Thilo Krumbach** über einen Hagelschlag im Botanischen Garten der zoologischen Station zu Rovigno (Istrien) am 4. März 1916. Met. ZS. **33**, 547—548, 1916.
Carmelo Colamonica. La pioggia a Bari. Bari 1915. 4°. 99 S. (Studi corologici sulla Puglia, Nr. 3.)
Prof. **Oliver Fassig.** Bemerkenswerter Hagelfall in Maryland. Met. ZS. **33**, 557, 1916.
K. Diem. Regenwaarnemingen op Sumatra's Ooskust en de Ooskust van Atjeh in 1915. Medan 1916. 8°. S.-A. Mededeel. Deli proefstat. te Medan-Sumatra. Jaarg. IX. S. XI—XXXI.
H. A. Hunt. Results of rainfall observations made in New South Wales during 1909—1914. Including yearly totals of 167 stations, also maps, diagrams and complete monthly total rainfall at 2067 stations for all years of record; also results of meteorological elements and normals at Sydney from 1840. (Australia. Commonwealth Bur. of Met.) Melbourne 1916. 4°. 224 S.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Wilhelm Schmidt. Der Gewitterregen vom 9. und 10. Juli in Wien. Met. ZS. **33**, 539—540, 1916.
J. von Hann. Bemerkungen zu W. Schmidt: Die Gewitterregen vom 9. und 10. Juli in Wien. Met. ZS. **33**, 540—541, 1916.
F. Courty. Observations des orages de 1915 dans les départements de la Gironde et partie de la Dordogne. Expériences des paragrêles électriques. Bordeaux 1916. 4°. 40 S. S.-A. Bull. de la comm. mét. de la Gironde. Année 1915.
Prof. Dr. **Reimann**, Hirschberg i. Schl. Eine eigenartige Erscheinung bei einem Gewitter. Met. ZS. **33**, 558, 1916.
Karl Hansen. Photographie elektrischer Entladungen. Elektrotechn. ZS. **37**, 610—611, 1916.
H. Zipp. Photographie elektrischer Entladungen. Elektrotechn. ZS. **37**, 659, 1916.
R. Wenger. Ein neunfacher Linienblitz. Met. ZS. **33**, 544, 1916.
L. Weber. Gemeindeblitzableiter. Elektrotechn. ZS. **37**, 627, 1916.

2 I. Meteorologische Optik.

J. Maurer. Ein neues Glied der meteorologischen Optik. Mitt. Phys. Ges. Zürich, Nr. 18, 103—111, 1916. — Wetter **33**, 275—281, 1916.
A. Stentzel. Fortdauer der Dämmerungsstörung. Astr. ZS. **10**, 142, 1916.
V. von Lang. Haidingersche Büschel. Met. ZS. **33**, 558, 1916.
Chr. Jensen. Die neutralen Punkte von Arago und Babinet in Hamburg und an einigen anderen Orten. Hamburg, Otto Meißner, 1916. 8°. 80 S. S.-A. Jahrb. Hamburg. Wissensch.-Anst. **33**, 1915. (3. Beiheft: Mitt. Phys. Staatslabor.)
Wilhelm Schmidt. Eine mögliche Erklärung für die scheinbare Flachheit des Himmelsgewölbes. Naturwissensch. **4**, 632—634, 1916.
Dr. **Karl Stöckl.** Beobachtung einer Lichtsäule. Met. ZS. **33**, 546—547, 1916.
E. Barkow. Über eine ungewöhnliche Haloerscheinung. Met. ZS. **33**, 545—546, 1916.

2 K. Synoptische Meteorologie.

Dr. **A. Defant** in Wien. Die Analyse der Luftdruckverteilung bei Graupelfällen in Wien (1905—1915). Wetter **33**, 265—275, 1916.

Digitized by Google

2 L. Dynamische Meteorologie.

Filip Akerblom. Über die Beziehung zwischen Luftdruckgradient, Wind und Reibung bei stationärer, geradliniger Bewegung. Stockholm 1916. 19 S. 22 cm. (K. Svenska vetenskapsakad. Arkiv för Met. astr. ok fysik. **11**, No. 18.)

R. Wenger. Synoptische Darstellung atmosphärischer Zustände. Jahrg. 1911. Heft 1. Zustand der Atmosphäre über Europa am 1., 2. und 3. März 1911. Veröffentl. d. Geophys. Inst. d. Univers. Leipzig. Herausgegeben von dem Direktor V. Bjerknes. Leipzig 1916. Ref. W. Köppen. Met. ZS. **33**, 558—559, 1916.

2 M. Praktische Meteorologie.

Dr. **A. Gockel,** Freiburg (Schweiz). Zur Gewitterprognose. Met. ZS. **33**, 544—545, 1916.

A. S. Henry. Forecasts and warnings for August, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 461—463, 1916.

2 N. Kosmische Meteorologie.

2 O. Meteorologische Apparate.

A. Norman Shaw. Hygrometry. Thirthy-fifth meeting R. Soc. Canada. Science **44**, 833, 1916.

Otto Tetens. Eine neue Form von Instrumenten zur Verfolgung von Pilotballonen. Leipzig 1916. 8°. S.-A. Beitr. z. Phys. d. freien Atm. **7**, 150—155.

2 P. Klimatologie.

J. Adams. The quantitative Study of Climatic Factors in Relation to Plant Life. Thirthy-fifth meeting R. Soc. Canada. Science **44**, 833, 1916.

Condensed climatological summary. Month. Weather Rev. **44**, 490—491, 1916.

L. C. W. Bonacina. Climatic control. 2nd ed. London 1915. 167 p. $17^1/_2$ cm. *

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

Prof. **A. Klingatsch** in Graz. Die geodätische Orientierung zweier Punktfelder. Zweite Abhandlung. Wien. Anz. Nr. 25, S. 310, 1916.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

Vorläufiger Bericht über Erdbebenmeldungen in Österreich im Oktober und November 1916. Wien. Anz. Nr. 25, S. 327, Nr. 27, S. 361, 1916.

Digitized by Google

W. J. Humphreys. Seismological reports for August, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 477—483, 1916.
Seismological dispatches. Month. Weather Rev. **44**, 483, 1916.
R. H. Finch. Earthquake of August 26. Month. Weather Rev. **44**, 488, 1916.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Emile Belot. Sur l'origine possible du magnétisme terrestre. Paris 1916. 4°. C. R. **162**, 516—518.
F. C. Loring. Departement of Terrestrial Magnetism. Carnegie-Inst. Sunlight and the Magnetic Needle. Science **44**, 635—637, 1916.
J. P. Ault. Cruise of the Carnegie from South Georgia to Lyttleton, New Zealand, January 14 to April 1, 1916. Terr. Magn. **21**, Heft 2, 1916.
L. Vegard und **O. Krogness.** Die Höhe des Nordlichtes vermittelst parallaktischer Aufnahmen an dem Haldde-Observatorium. Ann. d. Phys. **51**, 495—502, 1916.
Richard Swinne. Zur Absorption solarer positiver (Nordlicht-)Strahlen in der Erdatmosphäre. Phys. ZS. **17**, 529—532, 1916.
L. A. Bauer and **H. W. Fisk.** On the results of some magnetic observations during the solar eclipse of August 21, 1914. Terr. Magn. **21**, 57—86, 1916.
J. P. Ault. Magnetic declinations and chart corrections obtained by the „Carnegie" from Dutch Harbor, Alaska, to Lyttleton, New Zealand August to November, 1915.
Carl Störmer. Preliminary report of the results of the aurora-borealis expedition to Bossekop in the spring of 1913. (Fourth communication). (5 Taf.) Terr. Magn. **21**, 45—56, 1916.
Kay Alexander, Fred K. Veerland, Erastus Brainerd, William S. Cooper, Alfred H. Brooks, M. O. Malte, New York. Observations of the Aurora of August 26 from British Columbia and Alaska. Science **44**, 815—817, 1916.
Geo. M. Searle. The Auroras of 1859. Science **44**, 817—818, 1916.
Elihu Thomson. Inferences concerning Auroras. Science **44**, 818—819, 1916.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

W. Bell Dawson. The Turn of Tidal Streams in relation to the Time of the Tide. Tirthy-fifth meeting of the Royal Society of Canada. Science **44**, 832, 1916.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

A. J. Henry. Rivers and floods, August, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 465—466, 1916.
A. J. Henry. Floods in the East Gulf and South Atlantic States, July, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 466—476, 1916.
Great lakes levels during August, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 476—477, 1916.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik"

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik

Richard Assmann für kosmische Physik

16. Jahrg. **30. März 1917.** **Nr. 6.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik" soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekanntgeben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 6 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 12. März 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik" enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

H. Görges. Werner Siemens, sein Leben und Wirken. Elektrotechn. ZS. **38**, 73—78, 1917.

K. Strecker. Maschinen und Apparate von Werner von Siemens aus dem Besitze des Reichs-Postmuseums. Elektrot. ZS. **38**, 103—107, 120—122, 1917.

F. Heintzenberg. Werner Siemens, der Erfinder der Dynamomaschine. Zu seinem hundertjährigen Geburtstage, am 13. Dezember 1916. Prometheus **28**, 145—149, 164—167, 1916.

Adolf Kistner. Die mathematisch-naturwissenschaftliche Bedeutung von G. W. Leibniz. Unterrichtsbl. f. Math. u. Naturw. **22**, 141—146, 1916.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

Arthur Palme. Apparat zum Analysieren rasch verlaufender Vorgänge. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 82—88, 1917.

Gg. Heinrich. Ein einfacher Freifallapparat für den Lehrer- und Schülerversuch. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 18—22, 1917.

O. Losehand. Über Kräftezerlegung und Keil. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 12—18, 1917.

H. Zeitler. Nachweis der saugenden Kraft der Zuglöcher des Bunsenbrenners. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 35—36, 1916.

A. Stock. Fettfreie Ventile für Arbeiten mit Gasen. 23. Hauptversammlung D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 33—35, 1917.

A. Stock. Selbsttätige Quecksilberluftpumpe. 23. Hauptversammlung D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 35—45, 1917.

Digitized by Google

J. Feldmer. Einfachste Erzeugung einer schallempfindlichen Flamme. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 30—31, 1917.

Friedrich C. G. Müller. Wann erlischt eine Kerze im abgeschlossenen Luftraume? ZS. f. phys. Unterr. **30**, 28—39, 1917.

Paul Hanck. Die Elektrolyse der Salzsäure. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 33—34, 1917.

C. G. Müller. Eine Bemerkung zur Salzsäureelektrolyse im Hofmann-Apparat. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 34—35 1917.

H. Zeitler. Nachweis der Entstehung von Wasser bei der Salzbildung aus Säure und Base. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 35, 1917.

Paul Hanck. Zwei selbstgefertigte Hitzdrahtinstrumente. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 23—27, 1917.

Ernst Petzold. Hitzdrahtamperemeter. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 27—28, 1917.

F. Hochheim. Die Darstellung der Sekundärkurve des Funkeninduktors mit der Braunschen Röhre. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 32—33, 1917.

Friedrich Allmendinger. Unterrichtsapparat für praktische Dynamokunde. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 50—51, 1917.

Stanko Plivelić. Die gewöhnliche Kerzenflamme als Anzeiger für elektrische Wellen. ZS. f. Unterr. **30**, 31—32, 1917.

H. Schüepp. Zum Reflexionsgesetz. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 30, 1917.

E. Magin. Ein einfaches Totalreflektometer für Schülerübungen. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 22—23, 1917.

W. Kodweiß. Über Nachbilder. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 31, 1917.

E. Grimsehl. Der Versuch über die Kondensationswärme des Wassers. Monatshefte f. d. naturw. Unterr. **9**, Heft 6, 1916. [ZS. f. phys. Unterr. **30**, 37, 1917.

3. Maß und Messen.

Rudolf Mehmke. Leitfaden zum graphischen Rechnen. Mit 121 Figuren im Text und einer Additions- und Subtraktionskurve als Beilage. VIII u. 152 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1917. (Samml. math.-phys. Lehrb., herausgeg. von E. Jahnke, Nr. 19.) (Preis 4,80 ℳ, geb. 5,40 ℳ.)

Specifications and tolerances for weights and measures and weighing and measuring devices. Circular Bur. of Stand. Nr. 61, 44 S.

Mrs. E. J. Hoogenboom-Smid. Comparison of the Utrecht Pressure Balance of the van't Hoff Laboratory with those of the van der Waals-Fund at Amsterdam. Proc. Amsterdam **19**, 649—652, 1917.

Friedrich Rode. Beutel- und Membranmeßdose. Dinglers Journ. **332**, 35—45, 1917.

O. E. Buckley. An ionization manometer. Proc. Nat. Acad. America **2**, 683—685, 1916.

B. Wanach. Über die Ausgleichung von Uhrgängen. Astron. Nachr. **203**, 267—276, 1916.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Aug. Föppl. Vorlesungen über technische Mechanik. In sechs Bänden. Erster Band. Einführung in die Mechanik. 5. Aufl. Mit 104 Figuren im Text. XVI u. 431 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1917. (Preis 9,20 ℳ, geb. 10 ℳ.)

H. A. Lorentz. On Hamilton's principle in Einstein's theory of gravitation. Proc. Amsterdam **19**, 751—765, 1917.

E. Hellinger. Die allgemeinen Ansätze der Mechanik der Kontinua. Enzyklop. d. math. Wiss. IV, 2 II, 601—694, 1914.

Digitized by Google

P. Juppont. Les postulats de la mécanique et les équations dites des dimensions. Mém. Ac. de Toulouse (10) **10**, 1910. [Rev. semestr. des publ. math. **23** [1], 49, 1915.

T. Ehrenfest-Afanassjewa. Der Dimensionsbegriff und der analytische Bau physikalischer Gleichungen. Math. Ann. **77**, 259—276, 1916.

L. Crijns. Tautochronen-Verteilungen in konservativen Kraftfeldern, hauptsächlich in solchen mit quadratischen Potentialen. 130 S. Diss. Amsterdam 1916. (Holländisch.)

Rudolf Ullrich. Über das Gleiten und Rollen eines Körpers entlang einer schiefen Ebene. ZS. f. math. Unterr. **48**, 26—28, 1917.

Alfred Stettbacher. Die neue Relativitätslehre oder der Untergang alles Absoluten. Prometheus **28**, 1—4, 1916.

Karl Horowitz. Die geschichtliche Entwicklung des physikalischen Relativitätsgedankens. Arch. f. d. Gesch. d. Naturw. u. d. Techn. **5**, 251—265, 1914.

J. Droste. Das Gravitationsfeld eines oder mehrerer Körper nach der Theorie Einsteins. 67 S. Diss. Leiden 1916. (Holländisch.)

H. A. Lorentz. La gravitation. Scientia **16**, Nr. XXXVI, 28—59, 1914. [Rev. semestr. des publ. math. **23** [2], 63. 1915.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Carlo Somigliana. Sulla teoria delle distorsioni elastiche. Nota I—II. Cim. (6) **11**, 164—176, 177—192, 1916.

Carlo Somigliana. Alcune osservazioni sulla teoria delle distorsioni. Cim. (6) **11**, 274—276, 1916.

E. Waetzmann und **W. Moser.** Über unsymmetrische Schwingungen einseitig belasteter Gummihäute. Verh. D. Phys. Ges. **19**, 13—18, 1917.

6. Hydromechanik.

G. Hamel. Spiralförmige Bewegungen zäher Flüssigkeiten. Jahresber. D. Math.-Ver. **25**, 34—60, 1916. [Beibl. **41**, 3—5, 1917.

Arnold Peter. Das stabile Schwimmen mathematischer Körper. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 80—84, 1917.

J. E. Verschaffelt and **Ch. Nicaise.** The viscosity of liquefied gases. IV. Apparatus and method. V. Preliminary measurements on liquid mixtures of oxygen and nitrogen. Onnes Comm. Leiden Nr. 149, 13—33, 1916.

7. Kapillarität.

Arthur L. Kimball. Negative surface tension. Science (N. S.) **45**, 85—87, 1916.

Agnes Pockels. Die Anomalie der Wasseroberfläche. Die Naturwissenschaften **5**, 137—140, 149—153, 1917.

8. Aeromechanik.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

E. Waetzmann und **W. Moser.** Über unsymmetrische Schwingungen einseitig belasteter Gummihäute. Verh. D. Phys. Ges. **19**, 13—18, 1917.

Digitized by Google

P. Ludewig. Die bisherigen Ergebnisse der Untersuchungen über die Hörbarkeit des Kanonendonners. Prometheus **28**, 84—86, 1916.

2. Physiologische Akustik.

E. Budde. Zur Resonanztheorie des Hörens. II. Über die Cortischen Organe im Ohr der Landsäugetiere. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 22—40, 1917.
A. Stefanini. Nuovi studi sulle vocali. Cim. (6) **11**, 229—273, 1916.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Wilhelm Ostwald. Atomgewichte für 1917. ZS. f. analyt. Chem. **56**, 104, 1917.
Wilhelm Ostwald. Atomgewichte für 1917. Journ. f. prakt. Chem. (N. F.) **94**, 271—272, 1916.
Gregory Paul Baxter and Howard Warner Starkweather. A revision of the atomic weight of tin. Proc. Nat. Acad. America **2**, 718—721, 1916.
Marcel Guichard. Sur une nouvelle méthode de détermination du poids atomique de l'iode. Ann. de chim. (9) **6**, 279—318, 1916.
Theodore W. Richards and Charles Wadsworth, 3 d. Further study of the atomic weight of lead of radioactive origin. Proc. Nat. Acad. America **2**, 694—700, 1916.
O. Hinsberg. Über das Schwefelatom. Journ. f. prakt. Chem. (N. F.) **93**, 302—311, 1916.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

A. Smits. On the Influence of the Solvent on the Situation of the Homogeneous Equilibrium. I. Proc. Amsterdam **19**, 708—712, 1917.
Félix Michaud. Contribution à l'étude des mélanges. Ann. de phys. (9) **6**, 265—344, 1916.
F. A. H. Schreinemakers. In-, mono- and divariant equilibria. XI. Proc. Amsterdam **19**, 713—727, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

A. H. W. Aten. Some Particular Cases of Current potential Lines. I. Proc. Amsterdam **19**, 653—670, 1917.
E. B. Rosa and G. W. Vinal. Volume effect in the silver voltameter. Bull. Bur. of Stand. **13**, 447—457, 1916.
E. B. Rosa and G. W. Vinal. Summary of experiments on the silver voltameter at the Bureau of Standards and proposed specifications. Bull. Bur. of Stand. **13**, 479—506, 1916.
C. J. Kruisheer. Die spezifische Wärme der Salze in Beziehung zur Thermodynamik der Normalelemente. 58 S. Diss. Utrecht 1916. (Holländisch.)
R. T. A. Mees. Thermodynamik des Clarkschen Normalelementes. 93 S Diss. Utrecht 1916. (Holländisch.)
H. C. S. Snethlage. Anomalie von starken Elektrolyten. Chemisch Weekblad 1916, 314—333. [Beibl. **41**, 19, 1917.

4. Photochemie.

5. Thermochemie.

F. E. C. Scheffer. On the Influence of Temperature on Chemical Equilibria. Proc. Amsterdam **19**, 636—649, 1917.

Digitized by Google

Ugo Grassi. Ricerche sulle azioni catalitiche di Sabatier. Cim. (6) **11**, 147—163, 1916.
Ludwig Flamm und **Heinrich Mache.** Die Verbrennung eines explosiven Gasgemisches in geschlossenem Gefäß. Wien. Anz. 1917, 20—21.
R. Becker. Zur Theorie der Detonation. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 40—49, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

Ernst Jänecke. Über die Konstitution der Eisen-Chromlegierungen. ZS. f. Elektrochem. **23**, 49—55, 1917.
A. Smits. On the System Mercury-Jodide. Proc. Amsterdam **19**, 703—708, 1917.
J. Beckenkamp. Zur Struktur der Mineralien der Calcit- und der Aragonit-Reihe. .Zentralbl. f. Min. 1917, 25—85.
M. Rózsa. Die Entstehung der Zechsteinsalzlager aus chemisch-geologischen Gesichtspunkten. S.-A. Zentralbl. f. Min. 1917, 35—41.
A. A. Klein. Constitution and microstructure of porcelain. Technol. Papers Bur. of Stand. Nr. 80, 38 S.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 8.)

3. Elektrostatik.

4. Maße und Meßinstrumente.

W. W. Coblentz. Sensitivity and magnetic shielding tests of a Thomson galvanometer for use in radiometry. Bull. Bur. of Stand. **13**, 423—446, 1916.
Josef Kuhn. Beitrag zur Thomsonschen Brücke. Elektrotechn. u. Maschinenb. **35**, 83—84, 1917.
Francis B. Silsbee. A study of the inductance of four-terminal resistance standards. Bull. Bur. of Stand. **13**, 375—422, 1916.

5. Apparate.

Chr. Ries. Empfindlichkeitsberechnung von lichtempfindlichen Zellen. ZS. f. Feinmech. **25**, 33—34, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

Digitized by Google

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Gino Zanobini. Sulla lunghezza dello spazio oscuro catodico. Cim. (6) **11**, 193—206, 1916.

La Rosa. Arco e bagliore. Cim. (6) **11**, 48—66, 1916.

A. Sellerio. Effetto di repulsione nell'arco elettrico. Cim. (6) **11**, 67—86, 1916.

Augusto Righi. Sul moto dei ioni (ed elettroni) in un campo elettrico e magnetico e su diversi fenomeni che ne dipendono. Cim. (6) **11**, 5—47, 1916.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

K. Norden. Die Technik der Kathodenstrahlen. (Schluß.) ZS. f. Feinmech. **25**, 35—36, 1917.

Stefan Meyer und **Egon R. v. Schweidler.** Radioaktivität. Mit 87 Abbildungen im Text. XI u. 542 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1916. (Preis 22,50 ℳ, geb. 24 ℳ.)

K. W. Fritz Kohlrausch. Vorläufige Mitteilung über Absorptionsmessungen an γ-Strahlen von Radium. Wien. Anz. 1917, 49—51.

Theodore W. Richards and **Charles Wadsworth, 3d.** Further study of the atomic weight of lead of radioactive origin. Proc. Nat. Acad. America **2**, 694—700, 1916.

G. C. Trabacchi. Dispositivo simplice per la radiosterioscopia. Cim. (6) **11**, 212—216, 1916.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

Max Déri. Die Gleichung der Magnetisierungskurve. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 89—90, 1917.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

A. Alimenti. Il fenomeno di Hall in una lamina circolare. Cim. (6) **11**, 217—220, 1916.

Francis B. Silsbee. A study of the inductance of four-terminal resistance standards. Bull. Bur. of Stand. **13**, 375—422, 1916.

Waldemar Hallström. Effektiver Widerstand von langen Solenoiden bei Hochfrequenzstrom. 74 S. Akademisk Avhandling (Dissertation) Uppsala, Verlag Almqvist & Wiksell, 1915. (Schwedisch.)

E. Pfiffner. Der Schutzwert eiserner und überbrückter Drosselspulen. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 102—105, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

E. F. W. Alexanderson und **S. P. Nixdorff.** Ein magnetischer Verstärker für drahtlose Telegraphie. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 337—367, 1917.

C. J. de Groot. Drahtlose Telegraphie in den Tropen. 247 S. Diss. Delft 1916. (Holländisch.)

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

Carlo Sonaglia. Sulla legge di Lo Surdo. Cim. (6) **11**, 207—211, 1916.

Digitized by Google

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

M. v. Laue. Ein Versagen der klassischen Optik. Verhandl. D. Phys. Ges. **19**, 19—21, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

Martini. Die Fehler optischer Systeme und ihre Korrektion. ZS. f. Feinmech. **25**, 31—33, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

E. Weiß. Über Spiegelbilder an Linsen und Brillengläsern. D. Opt. Wochenschr. 1917, 89—93.

V. G. Cavallaro. Di una maniera di stabilire una proposizione di ottica geometrica dalla quale si deduce una dimostrazione, la piú naturale, dell'esistenza di un minimo di deviazione nei prismi. Cim. (6) **11**, 221—228, 1916.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Paul Gaubert. Sur la polarisation circulaire produite par les sphérolites à enroulement hélicoidal. Ann. de phys. (9) **6**, 356—364, 1916.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

W. W. Coblentz. Constants of spectral radiation of a uniformly heated inclosure or so-called black body, II. Bull. Bur. of Stand. **13**, 459—477, 1916.

W. W. Coblentz and **W. B. Emerson.** Distribution of energy in the visible spectrum of an acetylene flame. Bull. Bur. of Stand. **13**, 355—364. 1916.

E. P. Lewis. Recent progress in spectroscopy. Address of the vice-president and chairman of Section B — Physics — of the American Association for the Advancement of Science, New York meeting, December 1916. Science (N. S.) **44**, 899—912, 1916.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

Ernst Barthel. In Sachen des absoluten Farbensystems. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 51—52, 1917.

L. Klein. Die Farben. D. Opt. Wochenschr. 1917, 82—84.

A. Kirschmann. Die Augenbewegungen beim Lesen. D. Opt. Wochenschr. 1917, 79—82.

Digitized by Google

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Stefano Pagliani. Sull'entropia nei corpi condensati e sue variazioni nei cambiamenti di stato di aggregazione. (Parte II.) Cim. (6) **11**, 118—145, 1916.

2. Kinetische Theorie der Materie.

A. H. Lorentz. Some remarks on the theory of monatomic gases. Proc. Amsterdam **19**, 737—751, 1917.

A. Fliegner. Kinetische Untersuchungen über die Lufthülle der Erde. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich **61**, 551—583, 1916.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

Alexander Mc Adie. A new thermometer scale. Proc. Nat. Acad. America **2**, 670—672, 1916.

W. W. Coblentz. Constants of spectral radiation of a uniformly heated inclosure or so-called black body, II. Bull. Bur. of Stand. **13**, 459—477, 1916.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

Silvio Lussana. Variation de la chaleur spécifique des gaz avec la pression. (Observations sur la Note de M. Thadée Peczalski sur le même sujet.) Ann. de phys. (9) **6**, 344—356, 1916.

G. K. Burgess and **R. G. Waltenberg.** Further experiments on the volatilization of platinum. Bull. Bur. of Stand. **13**, 365—373, 1916.

Grossmann. Die Psychrometerformel. Ann. d. Hydrogr. **44**, 577—599, 1916.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

C. J. Kruisheer. Die spezifische Wärme der Salze in Beziehung zur Thermodynamik der Normalelemente. 58 S. Diss. Utrecht 1916. (Holländisch.)

W. H. Keesom and **H. Kamerlingh Onnes.** The specific heat at low temperatures. III. Measurements of the specific heat of solid nitrogen between 14° K and the triple point and of liquid nitrogen between the triple point and the boiling point. Onnes Comm. Leiden Nr. 149, 1—12, 1916.

Silvio Lussana. Variation de la chaleur spécifique des gaz avec la pression. (Observations sur la Note de M. Thadée Peczalski sur le même sujet.) Ann. de phys. (9) **6**, 344—356, 1916.

7. Wärmeleitung.

Elena Marini e **Margherita Blache.** Conducibilità calorifica dell'aria e micromanometri a riscaldamento elettrico. Cim. (6) **11**, 95—118, 1916.

Sophus Weber. Untersuchungen über das Wärmeleitvermögen der Gase. Habilitationsschrift, 128 S. Kopenhagen, Verlag von Arnold Busck, 1916. (Dänisch.)

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Kr. Birkeland. On a possible method of photographically registering the intensity of the ultraviolet light from the sun and stars. Cairo sc. journ. Alexandria **8**, 287—294. Dec. 1914.

Janet T. Howell. The effect of an electric field on the lines of Calcium and Lithium. Carnegie Inst. of Washington. Contrib. Mt. Wilson Solar Obs. No. 121.

George S. Monk. Intensity of the continuous spectrum of stars and its relation to absolute magnitude. Carnegie Inst. of Washington. Contrib. Mt. Wilson Solar Obs. No. 119.

M. Wolf. Eigenbewegungssterne. Astr. Nachr. **203**, 409—412, 1917.

1 B. Planeten und Monde.

Johannes Schlaf (Weimar). Die heutigen Beweise der Erdbewegung. Prometheus **28**, 206, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

Harlow Shapley. Studies based on the colors and magnitudes in stellar clusters. Carnegie Inst. of Washington. Contrib. Mt. Wilson Solar Obs. No. 115, 116 und 117.

Francis G. Pease. The rotation and radial velocity of the spiral nebula N. G. C. 4594. Carnegie Inst. of Washington. Mt. Wilson Solar Obs. Communic. to the Nat. Acad. of Sc. Nr. 32, 1916.

A. van Maanen. Photographs by G. W. Ritchey, J. E. Keeler, C. D. Perrine and H. D. Curtis. Preliminary evidence of internal motion in the spiral nebula Messier 101. Carnegie Inst. of Washington. Contrib. Mt. Wilson Solar Obs. No. 118.

P. Guthnick und **R. Prager.** Über die Radialgeschwindigkeit von B Ursae majoris. Astr. Nachr. **203**, 383—386, 1916.

1 D. Die Sonne.

F. Biscoe (Abstr.) Temperature and radiation of the sun. Month. Weather Rev. **44**, 508, 1916.

K. Birkeland (Abstr.) Solar corpuscular rays. Month. Weather Rev. **44**, 508, 1916.

Charles E. St. John and **L. W. Ware.** The accuracy obtainable in the measured separation of close solar lines; systematic errors in the Rowland Table for such lines. Carnegie Inst. of Washington. Contrib. Mt. Wilson Solar Obs. No. 120.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

Dr. S. Ein Meteorit in Sibirien. Prometheus **28**, 287, 1917.

Digitized by Google

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Henrik Mohn, 1835—1916. Month. Weather Rev. **44**, 518, 1916.

Mr. **C. F. Casella** [Obituary). Quart. J. London **42**, 191—192, 1916.

Cleveland Abbe, 1838—1916. Month. Weather Rev. **44**, 517, 1917.

William Marriott. Luke Howard's meteorological journals. Quart. J. London **42**, 175—180, 1916.

Napier Shaw. The meteorology of the globe in 1911. Quart. J. London **42**, 137—152, 1916.

Rafael Blanco Juste. Elementos de fisica y nociones de meteorologia. 5ed. Madrid 1915. 325 [2] p. 22 cm.

H. H. Turner. Discontinuities in meteorological phenomena. Second note. Quart. J. London **42**, 163—173, 1916.

E. V. Newnham. The persistence of wet and dry weather. Quart. J. London **42**, 153—162, 1916.

William Gardner Reed. Elementary meteorology. Geography 1 B. Berkeley 1914. 37 p. 21 cm. (University of California, syllabus series, No. 46)

L. G. Tippenhauer. Die elektromagnetische Theorie des Wetters. 4. Teil: Die ersten Prinzipien einer astronomischen Berechnung des Wetters. Port-au-Prince 1916. V p., plates, tables. 31 cm.

José Rangel Befort de Mattos. Resumo de instrucções meteorologicas. Secretaria agricult. Commerc. e obras publ. Bol. São Paulo. (17.) Abril-Maio 1916. p. 368—384.

W. G. Reed. Probable growing season. Month. Weather Rev. **44**, 509, 1916.

Central Observatory of Mexico removed. Month. Weather Rev. **44**, 517, 1916.

Jaarboek zes-en-zestigste Jaargang 1914. A.: Meteorologie. Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Institut Nr. 97. Utrecht, Kemink & Zoon, 1915.

Nils Ekholm. Månadsöversikt av Väderleken i Sverige till lantbrukets tjänst utgiven under Meteorologiske Centralanstaltens inseende. November-Decembor 1916. Argang **36**, Nr. 11, 12.

Radcliff Observatory, Oxford. Results of meteorological observations in the five years 1911—1915, also of underground temperatures, 1898—1910. **51**. Oxford etc. 1916. XII, 215 p. $25^1/_2$ cm.

Charles Stuart. Meteorological data of Spokane, Washington, for 34 years, 1882—1915. (In 24th annual report of the Health and sanitation dept. city of Spokane, for the year ending Dec. 31, 1915. p. 34—38. 24 cm).

Venice. Ufficio idrografico. Norme ed istruzioni per il Servizio meteorologico. (Edizione provisoria.) Venezia 1916. 61 p., plates. 26 cm. (Publicazione No. 53, parte 1ª (testo.)]

Weather conditions over the North-Atlantic during September, 1915. Month. Weather Rev. **44**, 536—538, 1916.

M. C. Bennett. Weather of the month September 1916. Month. Weather Rev. **44**, 535—536, 1916.

2 A2. Erforschung der oberen Luftschichten.

H. G. Cannegieter. Temperatuur, luchtdruk en wind in hoogere dampkringslagen. Hemel en Dampkring. Den Haag **14**, 54—56, 72—78, 1916.

W. F. G. Swann (Abstr.). Ionization of the upper atmosphere. Month. Weather Rev. **44**, 507—508, 1916.

Digitized by Google

2 As. Luftschiffahrt und Flugwesen.

Dr. **Raimund Nimführ.** Die mechanische Nachahmung des Schwebe-(Segel-) fluges der Vögel. Prometheus **28**, 302—303, 1917.
Gustav Lilienthal. Tierflug und der erste menschliche Segelflug. Prometheus **28**, 332—336, 1917.
Zö. Ein schwanzloses Wassersportflugzeug. Prometheus **28**, Beibl., S. 54, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

William Ramsay. The gases of the atmosphere. The history of their discovery. 4th ed. London 1915. XIII, 306 p. plates. $20^1/_2$ cm.
Committee for the investigation of atmospheric pollution. London 1912. First report, presenting the results obtained for the year April, 1914 to March 1915. London [1916]. XL p. 28 cm. (Repr. from the Lancet, Febr. 26, 1916).

2 C_L. Lufttemperatur.

Charles F. Brooks. World-wide changes of temperature. Geogr. Rev. New York **2**, 249—255, 1916.
Richard W. Gray. Summer temperatures at Miami. (In the Tropic magazine, Miami, Fla, Sept., 1916.) **4**, 158—160. 27 cm.
L. Horwitz. Sur la variabilité absolue de la température annuelle en Suisse Arch. sc. phys. et nat. Genève **42**, 153—154, 1916.

2 C_2. Strahlung.

E. Schwoerer. Nouvelles recherches sur la détermination de la constante solaire. Arch. sc. phys. et nat. Genève **42**, 119—122, 1916.
H. H. Kimball. Solar and sky radiation measurements during September 1916. Month. Weather Rev. **44**, 499—500, 1916.

2 D. Luftdruck.

2 E. Winde und Stürme.

H. H. Wright. Certain characteristics of the winds at Mount Tamalpais. Month. Weather Rev. **44**, 512—514, 1916.
Maxwell Hall. West Indian cyclones and the local wind. Quart. J. London **42**, 183—189, 1916.
R. H. Weightman. Hurricane tracks, 1912—1915. Month. Weather Rev. **44**, 521—522, 1916.
H. C. Frankenfield. Further data on tropical storm of July 12—22, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 522—523, 1916.

2 F. Wasserdampf.

A device which automatically regulates the moisture in the air. Sc. Amer. New York **115**, 355, 1916.
Karl Hansen. Von der Wolkenphotographie Prometheus **28**, Beibl., S. 57, 1917.

2 G. Niederschläge.

S. M. Jacob. Correlation of rainfall and the succeeding crops, with special reference to the Punjab. Indian met. dep. Mem. Simla **21**, pt. 14, p. 131—146.
S. Takayama (Abstr.). Rainfall on days with air temperature below the freezing point. Month. Weather Rev. **44**, 514—515, 1916.

Digitized by Google

Ignazio Galli. La pioggia straordinaria degli anni 1914 e 1915. Pont. ac. rom. N. Linc. Atti. Roma **69**, 79—86, 1914—1915.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Ernst Harald Norinder. Observations de l'électricité atmosphérique à Vassijaure. Kungl. Svenske Vetenskapsakad. Handlingar **55**, No. 6. Stockholm 1916.

E. H. Nichols (Abstr.). Atmospheric electrical variations at sunset and sunrise. Month. Weather Rev. **44**, 507, 1916.

Ignazio Galli. Fulmini globulari nell' anno 1915. Nota 14. Pont. ac. rom. N. Linc. Atti. Roma **69**, 59—72, 1915—1916.

E. Mathias (Abstr.). Ball lightning on Puy de Dôme. Month. Weather Rev. **44**, 516—517, 1916.

Schornsteinrauch ist kein Blitzschutz. Der Feuerwehrmann 1916. S. 121. Ref. Prometheus **28**, 304, 1917.

2 I. Meteorologische Optik.

K. Über die atmosphärische Störung im Spätsommer 1916. Astr. Nachr. **203**, 406—407, 1917.

H. H. Martin. Circumzenithal arc with black band. Month. Weather Rev. **44**, 506—507, 1916.

Heller Himmelsgrund. (Fortsetzung zu Nr. 4869.) Astr. Nachr. **203**, 387, 1917.

Paul Gruner. Nouvelles remarques concernant les lueurs crépusculaires du ciel. Arch. sc. phys. et nat. Genève **42**, 32—46, 1916.

A. E. Heath (Abstr.). Ground rainbows. Month. Weather Rev. **44**, 508, 1917.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

V. Bjerknes. Über thermodynamische Maschinen, die unter Mitwirkung der Schwerkraft arbeiten. **85**. Nr. 1. Math.-phys. Kl. Königl. Sächs. Ges. d. Wissensch. (Mit 4 Fig. im Text.) Leipzig 1916.

R. Wenger. Über thermodynamische Maschinen, die unter Mitwirkung der Schwerkraft arbeiten. Ref. Phys. ZS. **17**, 547—549, 1916.

V. Bjerknes. Über Wellenbewegung in kompressiblen schweren Flüssigkeiten. **85**. Nr. 2. Math.-phys. Kl. Königl. Sächs. Ges. d. Wissensch. Leipzig 1916.

V. Bjerknes. Theoretisch-meteorologische Mitteilungen. S.-A. Met. ZS., Heft 8, 1915.

2 M. Praktische Meteorologie.

Réné Paresce. Une nouvelle méthode de prévision du temps. Paris. La Nature **44**, 197—199, 1916.

E. H. Bowie. Forecasts and warnings for September, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 519—521, 1916.

2 N. Kosmische Meteorologie.

2 O. Meteorologische Apparate.

Alexander Mc Adie. Thermometer scales, Sc. Amer. supple. New York **82**, 282, 1916.

C. E. A. Winslow (Abstr.) Katathermometer as a measure of the effects of atmospheric conditions on bodily comfort. Month. Weather Rev. **44**, 516, 1916.

A. Breton. Nouvelle hygromètre à condensation. Paris. La Nature **44**, 237—238, 1916.

Digitized by Google

2 P. Klimatologie.

Hugo Hildebrand Hildebrandsson. Sur le prétendu changement du climat Européen en temps historique. Upsala 1915. 31 p. 3 pl. 29 cm. Nova acta Reg. soc. sci. Upsaliensis (4) **4**, No. 5.

Ellsworth Huntington. Prediction of climatic variations. (In the Amer. museum journ., New York Febr., 1916, **16**, p. 96—103, 25 cm.)

Luis Cincinato Bollo. Climatologica Platense. Montevideo 1916. 32 p. 19½ cm. (De la 6ª edicion de la Geografia fisica de H. C. Bollo.)

Jean Mascart. Esquisse sur le raccordement climatologique des Départements du Rhône et de la Loire. [Lyon 1916.] 11 p. 24 cm.

Condensed climatological summary. Month. Weather Rev. **44**, 538—539, 1916.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

J. Larmor (Abstr.). Gravitation and temperature. Month. Weather Rev. **44**, 516, 1916.

P. E. Shaw (Abstr.). Newtonian constant of gravitation as affected by temperature. Month. Weather Rev. **44**, 515—516, 1916.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

Emilio Oddone. Per la teoria della dispersione sismica. R. Acad. Linc. Atti. Roma **25**, 2 sem., p. 35—41, 1916.

W. J. Humphreys. Seismological reports, September 1916. Month. Weather Rev. **44**, 528—533, 1916.

Seismological dispatches. Month. Weather Rev. **44**, 533—534, 1916.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Aurora of September 30, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 508, 1916.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Digitized by Google

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

A. J. Henry. Rivers and floods, September 1916. Month. Weather Rev. **44**, 523, 1916.

Lake levels, September 1916. Month. Weather Rev. **44**, 527—528, 1916.

Aubrey Strahan & others. The investigation of Rivers. Final report. London 1916. 2 p. L. 93 p. 9 pl. 24½ cm. (Royal geographical society. Special publication.) Results of an „examination of certain rivers in England and Wales".

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

H. F. Alciatore. Snow densities in the Sierre Nevada. Month. Weather Rev. **44**, 523—527, 1916.

R. Hartmann (Abstr.). Ice crystallizations from aqueous solutions. Month. Weather Rev. **44**, 516, 1916.

P. L. Mercanton. Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses. 35me et 36me rapports. 1914 et 1915. Berne 1916. p. 237—256, plate. 26½ cm. (Extrait de l'Annuaire du S. A. C. 50me année.)

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. — **15. April 1917.** — **Nr. 7.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekanntgeben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 7 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 16. bis 30. März 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Oskar v. Miller. Zum 100. Geburtstage von Werner von Siemens. Rede, gehalten bei der Gedächtnisfeier in der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. Elektrot. ZS. **38**, 145—147, 1917.

A. Coehn. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie vom 20. bis 22. Dezember in Berlin. Phys. ZS. **18**, 103—115, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

3. Maß und Messen.

A. Klingatsch. Das Pantographenplanimeter. ZS. f. Instrkde. **37**, 25—32, 1917.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Edouard Guillaume. Les bases de la physique moderne. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 5—21, 1917.

P. Riebesell. Relativität und Gravitation. Naturw. Wochenschr. (N. F.) **16**, 113—120, 1917.

Ernst Reichenbächer. Grundzüge zu einer Theorie der Elektrizität und der Gravitation. Ann. d. Phys. (4) **52**, 134—178, 1917.

Ernst Reichenbächer. Nachtrag zu der Arbeit: „Grundzüge zu einer Theorie der Elektrizität und der Gravitation.“ Ann. d. Phys. (4) **52**, 174—178, 1917.

Digitized by Google

Moritz Schlick. Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik. Zur Einführung in das Verständnis der allgemeinen Relativitätstheorie. Die Naturwissenschaften **5**, 161—167, 177—186, 1917.

K. P. Williams. Concerning Hill's derivation of the Lagrange equations of motion. Bull. Amer. Math. Soc. **22**, 455—457, 1916.

Georg Pick. Ein Abschätzungswert für positive Newtonsche Potentiale. Jahresber. D. Math.-Ver. **24**, 329—332, 1916.

C. W. Oseen. Über einen Satz von Green und über die Definitionen von rot und div. Rend. Circ. Math. Palermo **38**, 167—179, 1914. [Rev. semestr. des publ. math. **24** [1], 59, 1916.

Richard Bär. Über Greensche Randwertaufgaben bei der Schwingungsgleichung. 37 S. Diss. Würzburg 1916.

M. Fouché. Sur les champs de force dont les lignes de force sont plane. Journ. de l'Éc. Pol. (2) **18**, 1—185, 1914. [Rev. semestr. **24** [2], 40, 1916.

Gordon S. Fulcher. Can a body exert a force upon itself? Science (N. S.) **44**, 747—748, 1916.

J. Olive. Sur le tracé mécanique de l'hodographe balistique. C. R. **164**, 97—99, 1917.

Michel Petrovitch. Valeur de l'action le long de diverses trajectoires. C. R. **164**, 166—169, 1917.

Hermann Alt. Zur Theorie der Geschwindigkeits- und Beschleunigungspläne einer komplan bewegten Ebene. 73 S. Diss. Techn. Hochschule Dresden 1914.

G. Darboux. Étude sur le mouvement d'une droite mobile dont trois points décrivent les trois faces d'un angle trièdre. Bull. des sc. math. (2) **39**, 7—40, 57—71, 1916. [Rev. semestr. des publ. math. **24** [2], 29, 1916.

A. Signorini. Moto di un punto soggetto a resistenza idraulica e forza di richiamo. Atti del R. Ist. Veneto **73**, 803—858, 1914. [Rev. semestr. **25** [1], 74, 1915.

T. Sicca. Sulla teoria della stabilità del movimento. Giornale di Mat. **53**, 213—244, 1915. [Rev. semestr. des publ. math. **24** [2], 56, 1916.

H. Lamb. The theory of the gyroscope. Proc. Roy. Soc. Edinb. **35**, 153—161, 1915. [Rev. semestr. des publ. math. **24** [2], 45, 1916.

Hermann Pflieger-Haertel. Über die kleinen Schwingungen einer dreigliedrigen ebenen Gelenkkette, zugleich ein Beitrag zur Theorie der einfachen Hebelwage. 84 S. Diss. Jena 1914.

Max Hiepe. Die spezifischen Schnittreaktionen des Schubkurbelgetriebes, behandelt nach dem Verfahren von Lagrange. 108 S. Diss. Jena 1915.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Mesnager. Formule en série simple de la plaque uniformément chargée, encastrée sur un contour rectangulaire plan. C. R. **164**, 169—172, 1917.

L. Hartmann. Variation systématique de la valeur de la force vive dans le choc élastique des corps. C. R. **164**, 94—96, 1917.

Albert P. Carman. The Collapse of Short Thin Tubes. Phil. Mag. (6) **32**, 559—566, 1916.

F. L. Hitchcock. Quaternion investigation of the commutative law for homogeneous strain. Proc. Roy. Soc. Edinb. **35**, 170—180, 1915. [Rev. semestr. des publ. math. **24** [2], 45, 1916.

Erich Schneider. Über eine neue Methode zur angenäherten Integration der Laplaceschen Differentialgleichung, ein Beitrag zur Theorie der Torsion. 51 S. Diss. Jena 1916.

F. Boulad Bey. Sur le calcul des poutres continues. Assoc. Franç. Av. des Sc. **43**, 81—93, 1915. [Rev. semestr. des publ. math. **24** [2], 28, 1916.

Digitized by Google

M. Salmin. Sur les pièces chargées de bout. Assoc. Franç. Av. des Sc. **43**, 112—131, 1915. [Rev. semestr. des publ. math. **24** [2], 28, 1916.
Fritz Seyffarth. Die Statik des Riemens. Ein Beitrag zur Mechanik linearer Kontinua. 120 S. Diss. Jena 1916.

6. Hydromechanik.

Paul Appell. Sur une extension des équations de la théorie des tourbillons et des équations de Weber. C. R. **164**, 71—75, 1917.
De Sparre. Calcul du coup de bélier dans une conduite forcée, formée de deux sections de diamètres différents. C. R. **164**, 77—80, 1917.
Lord Rayleigh. On Convection Currents in a Horizontal Layer of Fluid, when the Higher Temperature is on the Under Side. Phil. Mag. (6) **32**, 529—546, 1916.
Ernest Esclangon. Sur la réflexion et la réfraction d'ondes isolées à la surface de séparation de deux fluides en repos ou en mouvement. C. R. **164**, 99—101, 1917.
Ernest Esclangon. Sur la réflexion totale d'ondes isolées à la surface de séparation de deux fluides en mouvement ou en repos. C. R. **164**, 175—177, 1917.
E. J. Moulton. On figures of equilibrium of a rotating compressible fluid mass; certain negative results. Trans. Amer. Math. Soc. **17**, 100—108, 1916.
W. Burnside. On the steady motion of fluid under gravity. Messenger of Math. **45**, 43—46, 1916. [Rev. semestr. **24** [2], 48, 1916.
R. Mesny. Mouvement-limite d'un fluide visqueux sous l'action de forces périodiques. Assoc. Franç. Av. des Sc. **43**, 93—97, 1915. [Rev. semestr. des publ. math. **24** [2], 28, 1916.
O. Grialou. Étude sur le mouvement des liquides parfaits et doués de viscosités. Assoc. Franç. Av. des Sc. **43**, 97—111, 1915. [Rev. semestr. des publ. math. **24** [2], 28, 1916.
R. Grammel. Über ebene Zirkulationsströmungen und die von ihnen erzeugten Kräfte. Jahresber. d. D. Math.-Ver. **25**, 16—34, 1916.
Georg Hamel. Spiralförmige Bewegungen zäher Flüssigkeiten. Jahresber. d. D. Math.-Ver. **25**, 34—60, 1916.
R. W. Burgess. The uniform motion of a sphere through a viscous liquid. Amer. Journ. of Math. **38**, 81—96, 1916.
G. B. Jeffery. On the steady rotation of a solid of revolution in a viscous fluid. Proc. Lond. Math. Soc. (2) **14**, 327—338, 1915. [Rev. semestr. des publ. math. **24** [1], 64, 1916.

7. Kapillarität.

8. Aeromechanik.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

E. Budde. Resonanzerzeugung durch periodisch wiederholte Impulse. Phys. ZS. **18**, 69—73, 1917.
W. Brand. Jährliche Hörbarkeitsperiode des Geschützdonners und seine größten bisherigen Reichweiten. (Nach neuen Ermittelungen.) Meteorol. ZS. **34**, 58—70, 1917.

2. Physiologische Akustik.

Digitized by Google

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Ph. A. Guye. A propos des dernières révisions de la table internationale des poids atomiques. Journ. chim. phys. **14**, 449—461, 1916.

C. K. Reiman. Sur la densité absolue du gaz acide bromhydrique. C. R. **164**, 44—46, 1917.

C. K. Reiman. Contribution à la révision du poids atomique du brome: densité du gaz bromhydrique sous pression réduite. C. R. **164**, 180—181, 1917.

W. J. Murray. A propos de la densité normale du gaz acide bromhydrique. C. R. **164**, 182—183, 1917.

Ph. A. Guye. Considérations générales sur la révision physicochimique du poids atomique du brome à partir de la densité normale du gas acide bromhydrique. Journ. chim. phys. **14**, 361—888, 1916.

Enrique Moles. Révision du poids atomique du brome. Détermination de la densité normale du gaz bromhydrique. Journ. chim. phys. **14**, 389—444, 1916.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

H Pitschel. Der Druckeinfluß auf die Löslichkeit im Wasser. 68 S. Leipzig 1916.

T. van der Linden. Die Löslichkeit von Calciumsulfit in Wasser und in Zuckerlösungen. Mededeelingen van het Proefstation voor Java-Suikerindustrie **6**, 307—322, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 366.

J. J. P. Valeton. Kristallform und Löslichkeit. 59 S. Leipzig 1916.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

A. H. W. Aten. On some Particular Cases of Current Potential Lines. II. Proc. Amsterdam **19**, 768—784, 1917.

E. B. Rosa and **G. W. Vinal.** The silver voltameter as an international standard for the measurement of electric current. Proc. Nat. Acad. Amer. **3**, 59—64, 1917.

4. Photochemie.

J. M. Eder. Photographie und photomechanische Verfahren. D. Opt. Wochenschr. 1917, 114—117.

5. Thermochemie.

Theodore W. Richards and **Harold S. Davis.** Improvements in calorimetric combustion and the heat of combustion of toluene. Proc. Nat. Acad. Amer. **3**, 50—58, 1917.

K. A. Vesterberg. Über die Hydrolyse von Kobalt- und Nickelacetat. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 22—24, 1917.

F. A. H. Schreinemakers. In-, mono- and divariant equilibria. XII. Proc. Amsterdam **19**, 816—824, 1917.

Digitized by Google

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

Victor Goldschmidt. Atlas der Kristallformen. 3. Bd. 2 Teile. Text und Tafeln. 240 S. u. 217 Fig. Heidelberg, Carl Winter Verl., 1916. (Pappbd. 48 ℳ.)

J. J. P. Valeton. Kristallform und Löslichkeit. 59 S. Leipzig 1916.

J. Beckenkamp. Kristallstruktur und chemische Valenz. Zentralbl. f. Min. 1917, 97—110.

F. Rinne. Die Kristallwinkelveränderung verwandter Stoffe beim Wechsel der Temperatur. II. Zentralbl. f. Min. 1917, 73—82.

Th. Liebisch. Kristallisationsvorgänge in ternären Systemen aus Chloriden von einwertigen und zweiwertigen Metallen. I. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 50—66, 1917.

L. Vegard und **H. Schjelderup.** Die Konstitution der Mischkristalle. Phys. ZS. **18**, 93—96, 1917.

Herm. Rose. Kristallographische Konstanten einiger künstlicher Kristalle. Zentralbl. f. Min. 1917, 85—87.

A. Johnsen. Über die Bedeutung der Ostwaldschen Impfschwelle. Zentralbl. f. Min. 1917, 87—88.

F. E. C. Scheffer. On the Allotropy of the Ammonium Halides. III. Proc. Amsterdam **19**, 798—804, 1917.

Rudolf Vogel. Über Cer-Eisenlegierungen. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 25—49, 1917.

Hans Arnold. Über die Struktur von Metallüberzügen, die nach dem Metallspritzverfahren hergestellt sind. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 67—72, 1917.

F. Grandjean. L'orientation des liquides anisotropes sur les clivages des cristaux. C. R. **164**, 105—107, 1917.

Ernst Jänecke. Einige kurze Bemerkungen über die Ausscheidung und Thermometamorphose der Zechsteinsalze nach der Auffassung von Rózsa. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 1—4, 1917.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

Ernst Reichenbächer. Grundzüge zu einer Theorie der Elektrizität und der Gravitation. Ann. d. Phys. (4) **52**, 134—173, 1917.

Ernst Reichenbächer. Nachtrag zu der Arbeit: „Grundzüge zu einer Theorie der Elektrizität und der Gravitation." Ann. d. Phys. (4) **52**, 174—178, 1917.

Richard C. Tolman and **T. Dale Stewart.** The mass of the electric carrier in copper, silver and aluminium. Proc. Nat. Acad. Amer. **3**, 58—59, 1917.

A. Schidlof. Sur une cause d'erreur pouvant intervenir dans la détermination de la charge de l'électron d'après la méthode de Millikan. C. R. Séances soc. de phys. de Genève. Séance du 5 octobre 1916. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 68—70, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

Digitized by Google

4. Maße und Meßinstrumente.

Robert Jaeger. Zum Verhalten des Saitenelektrometers bei idiostatischer und Quadrantenschaltung. ZS. f. Instrkde. **37**, 5—18, 1917.

5. Apparate.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

P. W. Bridgman. The resistance of metals under pressure. Proc. Nat. Acad. Amer. **3**, 10—12, 1917.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Ernst Reiche. Versuche über den Beginn der Glimmentladung in Luft. Ann. d. Phys. (4) **52**, 109—133, 1917.

Charles B. Bazzoni. Experimental Determination of the Ionization Potential of Helium. Phil. Mag. (6) **32**, 566—575, 1916.

F. v. Hauer. Bemerkung zur Ionisierung der Gase durch Wärmebewegung. Phys. ZS. **18**, 98—99, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

C. E. Guye et **Ch. Lavanchy.** Vérification expérimentale de la formule de Lorentz-Einstein par les Rayons cathodiques de grande vitesse. (Suite et fin.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 441—448, 1916.

W. Schich. Untersuchungen über den Einfluß von Gasen bei Durchstrahlung mit γ-Strahlen des Radiums. 28 S. Halle 1915.

H. B. Keene. Refraction of X-radiation. Phil. Mag. (6) **32**, 603—604, 1916.

Masérès. Repérage des corps étrangers par les rayons X sans rayon normal d'incidence et hauteur ampullaire connus. C. R. **164**, 177—179, 1917.

Alex. Müller. Notiz, betreffend die Emission sekundärer Röntgenstrahlen. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 48—50, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

P. Weiss et **J. de Freudenreich.** Étude de l'aimantation initiale en fonction de la température. (Suite et fin.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 449—470, 1916.

P. Weiss, A. Piccard et **A. Carrard.** Calorimétrie des substances ferromagnétiques. (Suite.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 22—52, 1917.

T. D. Yensen. Die Wirkung des Schmelzens im Vakuum auf die magnetischen Eigenschaften des reinen Siemens-Martin-Eisens. Elektrot. ZS. **38**, 162—163, 1917.

Digitized by Google

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

Miles Walker and **W. Witcomb Stainer.** An Inquiry into the Possible Existence of Mutual Induction between Masses. Phil. Mag (6) **32**, 592—600, 1916.

Heinrich Rausch von Traubenberg. Über die Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes bei sehr hohen Stromdichten. Phys. ZS. **18**, 75—78, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

A. Verdurand. Théorie simplifié de la Télégraphie sans fil. Paris 1916.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

R. Gans und **H. Isnardi.** Studium der magnetischen und optischen Erscheinungen kolloidaler Eisenlösungen. Ein Beitrag zur Konstitution ultramikroskopischer Eisenoxydhydratteilchen. (Nach Messungen von H. Isnardi.) Ann. d. Phys. (4) **52**, 179—194, 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

Ernest Esclangon. Sur la réflexion et la réfraction d'ondes isolées à la surface de séparation de deux fluides en repos ou en mouvement. C. R. **164**, 99—101, 1917.

Ernest Esclangon. Sur la réflexion totale d'ondes isolées à la surface de séparation de deux fluides en mouvement ou en repos. C. R. **164**, 175—177, 1917.

Karl Uller. Widersprüche gegen die Wellenkinematik; ihre Auflösungen. I. Phys. ZS. **18**, 99—100, 1917.

Karl Uller. Das Interferenzprinzip. Phys. ZS. **18**, 101—103, 1917.

Max Planck. Zur Theorie des Rotationsspektrums. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 43—47, 1917.

A. Rubinowicz. Zur Quantelung der Hohlraumstrahlung. Phys. ZS. **18**, 96—98, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

P. Werkmeister. Bemerkung über den Bau, die Untersuchung und die Berichtigung des Nivellierinstruments mit festem Fernrohr. ZS. f. Vermessungsw. **45**, 273, 1916. [ZS. f. Instrkde. **37**, 21, 1917.

G. Bigourdan. Sur le principe d'une nouvelle lunette zénithale. C. R. **164**, 18—21, 1917.

H. Lehmann. Die Zeitlupe. D. Opt. Wochenschr. 1917, 128—131.

Hugo Krüss. Apparat zur Bestimmung der mittleren räumlichen Lichtstärke elektrischer Glühlampen nach K. Zickler. ZS. f. Instrkde. **37**, 33—41, 1917.

R. Rosenlecher. Zur Behandlung und Erhaltung geteilter Kreise und versilberter Glasspiegel. Sirius **49**, 79, 1916. [D. Mech.-Ztg. 1917, 20—22.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

Ernest Esclangon. Sur la réflexion et la réfraction d'ondes isolées à la surface de séparation de deux fluides en repos ou en mouvement. C. R. **164**, 99—101, 1917.

Digitized by Google

Ernest Esclangon. Sur la réflexion totale d'ondes isolées à la surface de séparation de deux fluides en mouvement ou en repos. C. R. **164**, 175—177, 1917.

Hugo Krüß. Die Hartmannsche Dispersionsformel und die Dispersion des Quarzes. ZS. f. Instrkde. **37**, 1—4, 1917.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

Karl Uller. Das Interferenzprinzip. Phys. ZS. **18**, 101—103, 1917.

R. Gans und **H. Isnardi.** Studium der magnetischen und optischen Erscheinungen kolloidaler Eisenlösungen. Ein Beitrag zur Konstitution ultramikroskopischer Eisenoxydhydratteilchen. (Nach Messungen von H. Isnardi.) Ann. d. Phys. (4) **52**, 179—194, 1917.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Paul Gaubert. Sur les indices de réfraction des carbonates rhomboédriques. C. R. **164**, 46—49, 1917.

A. Pereira-Forjaz. Études spectrographiques des minéraux portugais d'uranium et de zirconium. C. R. **164**, 102—103, 1917.

O. Mügge. Über die Ursache des damaszierten Schimmers beim Lievrit. Zentralbl. f. Min. 1917, 82—84.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

Charles E. St. John. Observational evidence that the relative positions of Fraunhofer lines are not systematically affected by anomalous dispersion. S.-A. Astrophys. Journ. **44**, 405—435, 1916.

Charles W. Raffety. On some Investigations of the Spectra of Carbon and Hydrocarbon. Phil. Mag. (6) **32**, 546—559, 1916.

Arthur S. King. The structure of the lithium line λ 6708 and its probable occurrence in sun-spot spectra. S.-A. Astrophys. Journ. **44**, 397—404, 1916.

Alex. Müller. Notiz, betreffend die Emission sekundärer Röntgenstrahlen. Verh. D. Phys. Ges. **19**, 48—50, 1917.

Karl Schaum. Bemerkungen zur photographischen Spektralphotometrie. D. Opt. Wochenschr. 1917, 113—114.

Hugo Krüß. Apparat zur Bestimmung der mittleren räumlichen Lichtstärke elektrischer Glühlampen nach K. Zickler. ZS. f. Instrkde. **37**, 33—41 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

A. Imhof. Beiträge zur Kenntnis der Tribolumineszenz. Phys. ZS. **18**, 78—91, 1917.

8. Physiologische Optik.

T. G. Dabney. Lateral vision and orientation. Science (N. S.) **44**, 749, 1916.

W. Ostwald. Die Farbenfibel. (Neue wissenschaftliche Grundlegung der Farbenlehre.) VII u. 45 S. mit 192 Farben und 8 Figuren. Leipzig 1917. (Preis im Leinenband 10 ℳ.)

Digitized by Google

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Max B. Weinstein. Das Nernstsche Theorem und die Wärmeausdehnung fester Stoffe. Ann. d. Phys. (4) **52**, 218—220, 1917.

2. Kinetische Theorie der Materie.

J. M. Burgers. Die adiabatischen Invarianten bedingt periodischer Systeme. Ann. d. Phys. (4) **52**, 195—202, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

Max B. Weinstein. Über die Zustandsgleichung der festen Körper. (Zweite Abhandlung.) Ann. d. Phys. (4) **52**, 203—217, 1917.

Max B. Weinstein. Das Nernstsche Theorem und die Wärmeausdehnung fester Stoffe. Ann. d. Phys. (4) **52**, 218—220, 1917.

Maurice Prud'homme. De l'existence théorique d'un deuxième critique. Journ. chim. phys. **14**, 445—448, 1916.

E. Ariès. La loi de l'entropie moléculaire des fluides, pris à des états correspondants. C. R. **164**, 134—138, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

P. Weiss, A. Piccard et **A. Carrard.** Calorimétrie des substances ferromagnétiques. (Suite.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 22—52, 1917.

Theodore W. Richards and **Harold S. Davis.** Improvements in calorimetric combustion, and the heat of combustion of toluene. Proc. Nat. Acad. Amer. **3**, 50—58, 1917.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

1 B. Planeten und Monde.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

E. Wirtz. Über die Eigenbewegungen der Nebelflecke. Astr. Nachr. **204** 23—30, 1917.

M. Wolf, Königstuhl. Über das Spektrum der Höhlennebel. Astr. Nachr. **204**, 42—44, 1917.

1 D. Die Sonne.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A$_L$. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Napier Shaw. Professor Henrik Mohn. Nature London **98**, 211—212, 1916.

Professor Henrik Mohn. Bergen, 13th May, 1838. Kristiania, 15th September 1916. [Obituary.] Symons. met. mag. London **51**, 130, 1916.

Adolphus Washington Greeley. Cleveland Abbe. Science. New York **44**, 703—704, 1916.

Professor Cleveland Abbe, 1838—1916. [Obituary.] Sc. Amer. New York **115**, 437, 1916.

C. F. Marvin. Elementary Notes on Least Squares, etc. for Meteorology and Agriculture. Month. Weather Rev. **44**, 551—569, 1916.

Anton Hackenbroich. Die unperiodischen Schwankungen des Luftdrucks und Regens im Tropengebiet des Atlantischen Ozeans. Ann. d. Hydr. **44**, 427—441, 1916.

Carlo Negro. Indovinelli e curiosità nel campo della meteorologia. Boll. bimens Soc. met. ital. Torino **35**, 8—9, 1915/1916.

George S. Binckley, and **Charles H. Lee.** Suggested changes and extension of the United States Weather Bureau service in California. Discussion by J. B. Lippincott. Amer. soc. of civil engin. Proc. New York **42**, 1407—1411, 1916.

Meteorology in war. Nature London **98**, 216—217, 1916.

Guillaume Bigourdan. Sur la propagation à grande distance du bruit de la cannonade du front. C. R. **163**, 323—324, 1916.

Digitized by Google

A. Perot. Influence du vent sur les conditions d'audition du son. C. R. **163**, 272—273, 1916.

A. H. Mackay. The phenology of Nova Scotia, 1915. (In Nova Scotia institute of sc. Proc. and trans. Halifax V, 14 pt., 2, sess. 1915—1916, p. 133—140.)

W. G. Reed. Indian Summer and Plimsoll's mark. Month. Weather Rev. **44**, 575, 1916.

Weather conditions over the North Atlantic during October, 1915. Month. Weather Rev. **44**, 600—603, 1916.

Maria Kahanosvich. Sulla meteorologia di Napoli. Boll. bimens Soc. met. ital. Torino **35**, 1—8, 1915/1916.

Giacomo L. Pascone. Riassunto delle osservazioni meteorologiche eseguite all' Osservatorio Simbruino nel biennio 1914—1915 primo de sua fondazione. Boll. R. soc. geogr. Roma 468—486, 1916.

Japan. Central meteorological observatory. Annual report: Meteorological observations in Japan for the year 1915. Tôkyô 1916. 391 p. map. 30 cm.

Colombo observatory. Report of Colombo observatory and the meteorology of Ceylon, 1915. [Colombo 1916.] 41 p. 8 charts. 33 1/2 cm.

Coimbra. Observatório meteorológico. Observaçôes, 1915. **54**. Coimbra 1916. IX, 165 p. 39 cm.

Toronto observatory. Results of meteorological, magnetical, and seismological observations, 1915. Toronto 1916. 37 [10] p. 19 1/2 cm.

Canada. Meteorological service. Report for the year ended December 31, 1913. Ottawa 1916. XV, 605 p. 4 pl. 29 cm.

P. C. Day. The Weather of the month October 1916. Month. Weather Rev. **44**, 594, 1916.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

H. G. Cannegieter. Temperatuur, luchtdruck en wind in de hoogeren dampkringslagen. Hemel en Dampkring. Den Haag. October 1916. p. 87—91.

2 A_3. Luftfahrt und Flugwesen.

Dr. **Raimund Nimführ.** Beiträge zur Physik des Fluges. I. Prinzip des ökonomischsten Fluges. Wien. Anz. Nr. 26. S.-A. 9. Dezember 1915.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

Ingenieur **K. Boll** in Düren. Die Höhe der Erdatmosphäre, Prometheus **28**, 359—361, 1916.

George T. Palmer, Lawrence V. Coleman, and **Harry C. Ward.** A study of methods for determining air dustiness. Repr. from Amer. J. of publ. health Boston **6**, no. 10, p. 1049—1075, 1915—1916. 25 cm.

2 C_1. Lufttemperatur.

Francesco Porro. Perchè l'emisfero australe della terra sia più freddo del boreale. Boll. R. soc. geogr. Roma 430—432, 1916.

J. R. Sutton. On a note on the temperatures of the air observed at Mochudi. Trans. Roy. soc. of South, Africa **4**, pt. 3, p. 163—167. 25 1/2 cm. 1915.

2 C_2. Strahlung.

H. H. Kimball. Solar and sky radiation measurement during October 1916. Month. Weather Rev. **44**, 548, 1916.

Digitized by Google

2 D. Luftdruck.

2 E. Winde und Stürme.

Maxwell Hall. Report on the hurricane in Jamaica, August 15th and 16th 1916. Jamaica 1916. 10 p. 3 pl. 33½ cm.

M. L. Fuller. A cyclone in perspective. Month. Weather Rev. **44**, 581—582, 1916.

2 F. Wasserdampf.

Edwin Jr. Duryea and **H. L. Haehl.** A study of the depth of annual evaporation from Lake Conchos, Mexico. Discussion by Edwin Duryea jr., and H. L. Haehl. Amer. soc. of civil engin. Proc. New. York **42**, 1413—1474, 1916.

Oil will not dissipate fog. Sc. Amer. New York **115**, 418, 1916.

H. H. Kimball. Additional notes on the high haze of July and August 1916. Month. Weather Rev. **44**, 549—551, 1916.

2 G. Niederschläge.

Carmelo Colamonico. La pioggia nella Campania. Firenze 1915. 180 p. 2 pl. 24 cm. (Mem. geogr. 1915, no. 27.)

Southern rains and floods of July 1916. exhibited. [Abstr. of paper by A. J. Henry.] Engin. News New York **76**, 886—887, 1916.

What is a „geocol"? Month. Weather Rev. **44**, 580—581, 1916.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

2 I. Meteorologische Optik.

J. Sedláček. Dämmerungserscheinungen. Astr. Nachr. **204**, 30, 1917.

Johann Steinmayer. Der helle Nachthimmel vom Ende Dezember 1916. Astr. Nachr. **204**, 45—46, 1916.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

Porstmann. Über das adiabatische Gleichgewicht der Atmosphäre. Prometheus **28**, 346—350, 1916.

H. U. Sverdrup. Druckgradient, Wind und Reibung an der Erdoberfläche. Ann. d. Hydr. **44**, 413—427, 1916.

2 M. Praktische Meteorologie.

Ambrosio Romo. El problema de la previsión del tiempo en las altas regiones intertropicales. Soc. c. „Antonia Alzate" Mem. y revista Mexico **34**, 363—372, 1916.

Forecast districts of the United States. Month. Weather Rev. **44**, 587—588, 1916.

H. C. Frankenfield. Forecasts and warnings for October 1916. Month. Weather Rev. **44**, 582—587, 1916.

Philippsen, Flensburg. Unsere Enten als Wetterpropheten. Prometheus **28**, 368, 1916.

W. G. Reed. Weather Insurance. Month. Weather Rev. **44**, 575—580, 1916.

Digitized by Google

2 N. Kosmische Meteorologie.

F. Schuster. Die Verschiebung des synodischen Luftdrucksystems unter dem Einfluß der 18.6-jährigen Mondperiode. Ann. d. Hydr. **44**, 442—444, 1916.
P. Garrigou-Lagrange. L'action luni-solaire et la température. C. R. **163**, 334—335, 1916.
Dr. **S.** Krieg und Sonnenflecke. Prometheus **28**, 367—368, 1916.
J. Maurer, Zürich. Ringerscheinungen und Sonnenfleckentätigkeit. Astr. Nachr. **204**, 46, 1917.
Walter A. Knoche und **J. Laub.** Meteorologische und luftelektrische Messungen während der totalen Sonnenfinsternis am 10. Oktober 1912 auf der Facenda Boã Vista bei Christina, Brasilien. 1. Meteorologische Beobachtungen. Terr. magn. and atmo. electr. Baltimore **21**, 117—144, 1916.

2 O. Meteorologische Apparate.

Charles Greeley Abbot, and **Loyal Blaine Aldrich.** On the use of the pyranometer. Washington 1916. 9 p. $24^1/_2$ cm. (Smithsonian miscellaneous coll. **66**, no. 11.)

2 P. Klimatologie.

Mark Jefferson. Teacher's geography. Man and climate. Ypsilanti, Mich. 1916. 2 p. l., **77** [3] p. illus. (incl. map) diagrs. 27 cm.
Geo. E. Stone. (Repr.) Injury to vegetation resulting from climatic conditions. Month. Weather Rev. **44**, 569—570, 1916.
Guillaume Bigourdan. Le climat de la France. — Température, pression, vents. Paris 1916. 135 p. 23 cm.
Carlo Negro. Sul clima della Libia attraverso i tiempi storici. Pontif. accad. rom. Nuovo Linc. Mem. Roma (2) **1**, 197—263, 1915.
Condensed climatological summary. Month. Weather Rev. **44**, 603—604, 1916.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers [(Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).]

Herbert Bell. New Method for determining „g". Month. Weather Rev. **44**, 573—575, 1916.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

Lassen Peak's name. U. S. Geological Survey. Month. Weather Rev. **44**, 570—571, 1916.
A. H. Palmer. Eruption of Lassen Peak. Month. Weather Rev. **44**, 571—573, 1916.

3 F. Erdbeben.

Emm. Me. S. Navarro-Neumann. Essais géophysiques. Travail produit par un tremblement de terre. Modena 1915. 15 p. $24^1/_2$ cm.

Digitized by Google

Seismological dispatches. Month. Weather Rev. **44**, 596, 1916.
W. J. Humphreys. Seismological reports for October, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 589—596, 1916.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Charles C. Trowbridge. The focus of the auroral streamers on August 25, 1916. Science New York **44**, 717—722, 1916.
L. Vegard and **O. Krognes.** Résultats d'observations d'aurores boréales exécutées à l'observatoire de Haldde. C. R. **163**, 442—446, 1916.
Plassmann, Ebell, Wolf und **K.** Nordlicht. Astr. Nachr. **204**, 46—47, 1917.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

H. M. Chittenden. The battle over the Miami flood-prevention plans. Engin. News **76**, 906—910, 1916.
E. J. Hoff. Sensitive water-level-recorder. Engin. News. **76**, 974—975, 1916.
A. J. Henry. Rivers and Floods. Month. Weather Rev. **44**, 588, 1916.
Great Lakes levels during October, 1916. Month. Weather Rev. **44**, 588, 1916.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **30. April 1917.** **Nr. 8.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekanntgeben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 8 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 14. April 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Sir **William Ramsay** †. ZS. f. kompr. u. flüss. Gase **18**, 137—138, 1916.

Ira Remsen. Sir William Ramsay. Proc. Amer. Chem. Soc. **39**, 19—24, 1917.

L. Schüler. Die Geschichte des Transformators. Elektrotech. ZS. **38**, 185—188, 1917.

I. Silbermann. Zur erkenntnistheoretischen Begründung der Physik. Jahrb. d. Radioakt. **14**, 1—51, 1917.

Felix Auerbach. Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Einführung in die Physik. 4. Aufl. 14. bis 19. Tausend. Mit 71 Fig. im Text. IV u. 146 S. Berlin und Leipzig, B. G. Teubner, 1917. (Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt, 40. Bd.) (Preis 1,20 ℳ, geb. 1,50 ℳ.) *

E. Wiedemann. Die Naturwissenschaften bei den orientalischen Völkern. 10 S.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

Rudolf Scharizer. Einfache Demonstration der Reflexkegel beim Lauephotogramm mittels gewöhnlichen Lichtes. Zentralbl. f. Min. 1917, 127.

Theodor Paul. Vorführung eines Thermostaten zur Polarisation, insbesondere während der Zuckerinversion bei höheren Temperaturen. 23. Hauptversammlung D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 86—87, 1917.

Digitized by Google

3. Maß und Messen.

H. Lorenz. Theorie der Röhrenfedermanometer. Phys. ZS. **18**, 117—121, 1917.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Franz Paulus. Ergänzungen und Beispiele zur Mechanik von Hertz. Wien. Ber. **125** [2a], 835—882, 1916.

Friedrich Kottler. Beschleunigungsrelative Bewegungen und die konforme Gruppe der Minkowskischen Welt. Wien. Ber. **125** [2a], 899—919, 1916.

Felix Linke. Der Kreisel und seine technischen Anwendungen. (Schluß.) D. Mech.-Ztg. 1917, 30—31.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

C. V. Raman and **Ashutosh Dey.** On Discontinuous Wave-Motion: Part II. Phil. Mag. (6) **33**, 203—207, 1917.

Emil Hatschek. Some simple Deformations of Homogeneous Partitionings of Space and the Increase of Internal Surface generated thereby. Phil. Mag. (6) **33**, 83—91, 1917.

Karl Wolf. Über den Einfluß der Einspannung auf die Torsionsbeanspruchung eines Kreiszylinders. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 1149—1166, 1916.

H. Lorenz. Theorie der Röhrenfedermanometer. Phys. ZS. **18**, 117—121, 1917.

6. Hydromechanik.

O. Tumlirz. Die Stromlinien und Niveauflächen einer tropfbaren Flüssigkeit beim zweidimensionalen Ausfluß aus einem Gefäß. Wien. Anz. 1917, 70—71.

Karl Uller. Widersprüche gegen die Wellenkinematik; ihre Auflösungen. II. Phys. ZS. **18**, 130—132, 1917.

Arne Westgren. Über die Bewegung einer Kugel in einem von zwei parallelen Wänden begrenzten zähen Medium. Ann. de Phys. (4) **52**, 808—822, 1917.

7. Kapillarität.

Reinhold Fürth. Zwei Versuche zur Bestimmung der Oberflächenspannung und des Randwinkels von Quecksilber. Wien. Anz. 1917, 72.

8. Aeromechanik.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

P. Selényi. Über ein einfaches Analogon der Theorie der offenen Pfeife. Phys. ZS. **18**, 133—134, 1917.

R. Emden. Über abnorme Hörbarkeit. Münchener Ber., math.-phys. Kl. 1916, 113—123.

Digitized by Google

C. V. Raman and Ashutosh Dey. On Discontinuous Wave-Motion: Part II. Phil. Mag. (6) **33**, 203—207, 1917.

2. Physiologische Akustik.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

B. Bavink. Einführung in die allgemeine Chemie. IV u. 108 S. Berlin und Leipzig, B. G. Teubner, 1917. (Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt. 582 Bd.) (Preis 1,20 ℳ, geb. 1,50 ℳ.)

L. Silberstein. Molecular Refractivity and Atomic Interaction. Phil. Mag. (6) **33**, 92—128, 1917.

Edgar W. Engle and Clarence W. Balke. Observations on the rare earths. Journ. Amer. Chem. Soc. **39**, 53—68, 1917.

H. L. Higgins and W. Mc Kim Marriott. A colorimetric method for the determination of the CO_2 percentage in air. Journ. Amer. Chem. Soc. **39**, 68—71, 1917.

M. Sem. Über die Konstitution der Manganiverbindungen. ZS. f. Elektrochem. **23**, 98, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

J. W. Marden and Mary V. Dover. The solubilities of several substances in mixed nonaqueous solvents. II. Journ. Amer. Chem. Soc. **39**, 1—7, 1917.

Jerome Alexander. Selective adsorption and differential diffusion. Journ. Amer. Chem. Soc. **39**, 84—88, 1917.

Harry A. Curtis and Robert M. Burns. Nonaqueous solutions. I. Chemical reactions in isoamyl alcohol solutions. Journ. Amer. Chem. Soc. **39**, 33—38, 1917.

Marks Neidle and Jacob Barab. Studies in dialysis. II. The hot dialysis of the chlorides of ferric iron, chromium and aluminium, and the rapid preparation of their colloidal hydrous oxides. Journ. Amer. Chem. Soc. **39**, 71—81, 1917.

Theodor Paul. Physikalische Chemie der Lebensmittel: III. Das chemische Gleichgewicht zwischen Weinsäure und Dikaliumtartrat als Grundlage der Entsäuerung des Weines mit diesem Salz. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin. 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 65—86, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

James Kendall. The water correction in conductivity determinations. Journ. Amer. Chem. Soc. **39**, 7—24, 1917.

F. M. Seibert, G. A. Hulett and H. S. Taylor. Standard cells and the Nernst heat theorem. Journ. Amer. Chem. Soc. **39**, 38—52, 1917.

Digitized by Google

P. Debye. Konzentrationselement und Brownsche Bewegung. Phys. ZS. **18**, 144—148, 1917.

J. M. Nelson and **W. V. Evans.** The electromotive force developed in cells containing nonaqueous liquids. Journ. Amer. Chem. Soc. **39**, 82—83, 1917.

Albert Neuburger. Kinematographische Aufnahme elektrolytischer Vorgänge. Prometheus **28**, 824—827, 1917.

4. Photochemie.

J. M. Eder. Der Einfluß der Vorbelichtung auf die Wiedergabe schwacher Lichteindrücke auf der photographischen Platte. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 219—224, 1917.

5. Thermochemie.

Edgar J. Witzemann. The variation in the physical properties of precipitated and colloidal manganese dioxide from the point of view of physical chemical equilibrium. Journ. Amer. Chem. Soc. **39**, 25—33, 1917.

W. M. Thornton. The Limits of Inflammability of Gaseous Mixtures. Phil. Mag. (6) **33**, 190—196, 1917.

W. M. Thornton. The Relation of Oxygen to the Heat of Combustion of Organic Compounds. Phil. Mag. (6) **33**, 196—203, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

W. Bruhns und **Werner Mecklenburg.** Über die sogenannte Kristallisationskraft. Zentralbl. f. Min. 1917, 123—127.

A. Johnsen. Die Anordnung der Atome in Kristallen. (Bericht.) Jahrb. d. Radioakt. **14**, 52—129, 1917.

L. Silberstein. Molecular Refractivity and Atomic Interaction. Phil. Mag. (6) **33**, 92—128, 1917.

Rudolf Vetter. Beiträge zur Kenntnis der analytischen Eigenschaften der Kohlenstoffmodifikationen und orientierende Versuche über ihre Existenzbedingungen. 79 S. Diss. Techn. Hochschule Berlin 1916. (Technische Studien, herausgegeben von H. Simon, Heft 18. Berlin-Oldenburg, Gerhard Stalling.)

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

G. Jäger. Die Natur des Magnetismus. Vortrag im Verein z. Verbr. naturw. Kennt., Wien. Elektrotechn. u. Maschinenb. **35**, 154—156, 1917.

Carl Benedicks. Beiträge zur Kenntnis der Elektrizitätsleitung in Metallen und Legierungen. Jahrb. d. Radioakt. **13**, 351—395, 1916.

F. v. Hauer. Zur Theorie der freien Elektronen in Metallen. Phys. ZS. **18**, 149—151, 1917.

R. R. Ramsey. An Atomic Model. Phil. Mag. (6) **33**, 207—211, 1917.

Digitized by Google

E. H. Kennard. On Unipolar Induction: Another Experiment and its Significance as Evidence for the Existence of the Aether. Phil. Mag. (6) **33**, 179—190, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

4. Maße und Meßinstrumente.

J. J. Manley. On the Lubrication of Resistance-Box Plugs. Phil. Mag. (6) **33**, 211—215, 1917.

5. Apparate.

E. Fr. Ruß. Die Lasthebemagnete. Elektrotechn. ZS. **38**, 190—193, 1917.

Erich Jasse. Der Anlaßvorgang beim Gleichstrommotor. Arch. f. Elektrot. **5**, 285—302, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

Carl Benedicks. Beiträge zur Kenntnis der Elektrizitätsleitung in Metallen und Legierungen. Jahrb. d. Radioakt. **13**, 351—395, 1916.

F. v. Hauer. Zur Theorie der freien Elektronen in Metallen. Phys. ZS. **18**, 149—151, 1917.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

J. Stark. Ermittlung des Spektrums eines einwertigen mehratomigen Molekülions, insbesondere des H_3^+-Ions. Ann. d. Phys. (4) **52**, 221—254, 1917.

J. Stark. Emission eines kontinuierlichen Spektrums bei Anlagerung eines Elektrons an ein positives Ion. Ann. d. Phys. (4) **52**, 255—275, 1917.

J. Stark. Bericht über die Ionisierung der chemischen Elemente durch Elektronenstoß. Jahrb. d. Radioakt. **13**, 395—452, 1916.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

M. Wolfke. Über Schwärzungsparabeln der Kanalstrahlen auf Trockenplatten. Phys. ZS. **18**, 128—130, 1917.

M. Ishino. The Scattering and the Absorption of the Gamma Rays. Phil. Mag. (6) **33**, 129—146, 1917.

Digitized by Google

Victor F. Heß und **Robert W. Lawson.** Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 93. Über die Zählung von β-Strahlen nach der Methode der Stoßionisation. Wien. Ber. **125** [2a], 661—674, 1916.

Stefan Meyer und **Robert W. Lawson.** Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 94. Zur Kenntnis der mittleren Lebensdauer des Radiums. Wien. Ber. **125** [2a], 723—738, 1916.

Ernst Wagner. Spektraluntersuchungen an Röntgenstrahlen II. Münchener Ber., math.-phys. Kl. 1916, 31—38.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

Th. Wereide. Das Magneton als Funktion der Planckschen Konstante. Ann. d. Phys. (4) **52**, 283—288, 1917.

Th. Wereide. Eine magnetische Bestimmung der Avogadroschen Konstante. Ann. d. Phys. (4) **52**, 289—290, 1917.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

E. A. Biedermann. The Energy in the Electromagnetic Field. Phil. Mag. (6) **33**, 146—157, 1917.

Adolf Bolliger. Theorie und Konstruktion der Transformatordiagramme. Arch. f. Elektrot. **5**, 255—285, 1917.

E. H. Kennard. On Unipolar Induction: Another Experiment and its Significance as Evidence for the Existence of the Aether. Phil. Mag. (6) **33**, 179—190, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

Max Volmer. Die lichtelektrische Ionisierung von Lösungen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 186—189, 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

A. Einstein. Zur Quantentheorie der Strahlung. Phys. ZS. **18**, 121—128, 1917.

R. H. Kent. A Note on Radiation. Phil. Mag. (6) **33**, 223—224, 1917.

Th. Wereide. Maxwells Gleichungen und die Atomstrahlung. Ann. d. Phys. (4) **52**, 276—282, 1917.

Th. Wereide. Das Magneton als Funktion der Planckschen Konstante. Ann. d. Phys. (4) **52**, 283—288, 1917.

Th. Wereide. Eine magnetische Bestimmung der Avogadroschen Konstante. Ann. d. Phys. (4) **52**, 289—290, 1917.

W. F. G. Swann. Equipartition of Energy and Radiation Theory. Phil. Mag. (6) **33**, 64—82, 1917.

Richard Gans und **Adrián Pereyra Migues.** Über die Brechbarkeit von Licht sehr geringer Intensität. Ein Beitrag zur Quantentheorie. Ann. d. Phys. (4) **52**, 291—307, 1917.

Digitized by Google

Karl Uller. Widersprüche gegen die Wellenkinematik; ihre Auflösungen. II. Phys. ZS. **18**, 130—132, 1917.

L. Silberstein. Dispersion and the Size of Molecules of Hydrogen, Oxygen, and Nitrogen. Phil. Mag. (6) **33**, 215—222, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

Lord Rayleigh. On Methods for detecting small Optical Retardations, and on the Theory of Foucault's Test. Phil. Mag. (6) **33**, 161—178, 1917.

Martini. Die Fehler optischer Systeme und ihre Korrektion. (Fortsetzung.) ZS. f. Feinmech. **25**, 52—54, 1917.

Arthur Kerber. Formeln zur Berechnung dreifach verkitteter Anastigmate. ZS. f. Instrkde. **37**, 45—53, 1917.

E. Toussaint. Entwurf des Fernrohres für ein Nivellierinstrument. D. Opt. Wochenschr. 1917, 137—142.

Das neue Vierkeil-Kolorimeter der Firma F. Hellige & Co., Freiburg i. Br. ZS. f. Feinmech. **25**, 51—52, 1917.

Adolf Hnatek. Versuche zur Anwendung strenger Selektivfilter bei spektralphotometrischen Untersuchungen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 201—219, 1917.

R. v. Voß. Ein neues Kugelphotometer für Betriebsmessungen an Glühlampen, Elektrotechn. ZS. **38**, 188—190, 1917.

Adolf Hnatek. Ein Instrument zur Konstruktion von Hyperbelästen. ZS. f. Instrkde. **37**, 53—54, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

Fr. Nölke. Zur Theorie der Luftspiegelungen. Phys. ZS. **18**, 134—144, 1917.

Richard Gans und **Andrián Pereyra Migues.** Über die Brechbarkeit von Licht sehr geringer Intensität. Ein Beitrag zur Quantentheorie. Ann. d. Phys. (4) **52**, 291—307, 1917.

L. Silberstein. Molecular Refractivity and Atomic Interaction. Phil. Mag. (6) **33**, 92—128, 1917.

L. Silberstein. Dispersion and the Size of Molecules of Hydrogen, Oxygen, and Nitrogen. Phil. Mag. (6) **33**, 215—222, 1917.

A. Anderson. The Focometry of Lens-Combinations. Phil. Mag. (6) **33**, 157—159, 1917.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

Gerda Laski. Größenbestimmung submikroskopischer Partikeln aus optischen und mechanischen Effekten. Wien. Anz. 1917, 75—76.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Rudolf Scharizer. Einfache Demonstration der Reflexkegel beim Lauephotogramm mittels gewöhnlichen Lichtes. Zentralbl. f. Min. 1917, 127.

O. Großpietsch und **M. Goldschlag.** Die optischen Eigenschaften von Andesinen. Wien. Anz. 1917, 76—79.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

K. Glitscher. Über die Intensitätsverteilung im Viellinienspektrum des Wasserstoffs. Münchener Ber., math.-phys. Kl. 1916, 125—130.

Digitized by Google

Josef Maria Eder. Das Bogenspektrum des Samariums. Wien. Ber. **125** [2a], 883—897, 1916.

Wilhelm Ludwig. Messungen im kurzwelligen Teil des Vanadiumbogenspektrums. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 157—185, 1917.

G. A. Hemsalech. On the Relative Behaviour of the Light Radiations emitted by Iron Vapour under the Influence of Thermal and Chemical Actions in Flames. Phil. Mag. (6) **33**, 1—18, 1917.

J. Stark. Ermittlung des Spektrums eines einwertigen mehratomigen Molekülions, insbesondere des H_3^+-Ions. Ann. d. Phys. (4) **52**, 221—254, 1917.

J. Stark. Emission eines kontinuierlichen Spektrums bei Anlagerung eines Elektrons an ein positives Ion. Ann. d. Phys. (4) **52**, 255—275, 1917.

R. T. Beatty. Energy Distribution in Spectra. I. Phil. Mag. (6) **33**, 49—63, 1917.

Arvid Odencrants. Untersuchungen über Intensitäts- und Intermittenzschwächung. (Schluß.) ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 189—200, 1917.

Adolf Hnatek. Versuche zur Anwendung strenger Selektivfilter bei spektralphotometrischen Untersuchungen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 201—219, 1917.

Ernst Wagner. Spektraluntersuchungen an Röntgenstrahlen II. Münchener Ber., math.-phys. Kl. 1916, 81—88.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

Herbert E. Ives†. Visual Diffusivity. Phil. Mag. (6) **33**, 18—33, 1917.

Walther Moede. Sinnesprüfung. D. Opt. Wochenschr. 1917, 146—149.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

2. Kinetische Theorie der Materie.

Arne Westgren. Über die Bewegung einer Kugel in einem von zwei parallelen Wänden begrenzten zähen Medium. Ann. d. Phys. (4) **52**, 308—322, 1917.

Philipp Frank. Der Virialsatz und die Theorie der Brownschen Bewegung. Ann. d. Phys. (4) **52**, 323—332, 1917.

P. Debye. Konzentrationselement und Brownsche Bewegung. Phys. ZS. **18**, 144—148, 1917.

W. F. G. Swann. Equipartition of Energy and Radiation Theory. Phil. Mag. (6) **33**, 64—82, 1917.

L. Silberstein. Dispersion and the Size of Molecules of Hydrogen, Oxygen, and Nitrogen. Phil. Mag. (6) **33**, 215—222, 1917.

Th. Wereide. Eine magnetische Bestimmung der Avogadroschen Konstante. Ann. d. Phys. (4) **52**, 289—290, 1917.

Gerda Laski. Größenbestimmung submikroskopischer Partikeln aus optischen und mechanischen Effekten. Wien. Anz. 1917, 75—76.

Digitized by Google

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

G. Quaink. Thermoelektrische Pyrometer ohne Platin. Elektrot. ZS. **38**, 180—181, 1917.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

A. C. Egerton. The Vapour Pressure of Zinc, Cadmium, and Mercury. Phil. Mag. (6) **33**, 33—48, 1917.

S. Weber. Untersuchungen über den Dampfdruck des Eises. Overs. Kongl. Danske Vidensk. Selskabs Forh. 1916, 459. [D. Mech.-Ztg. 1917, 41—43.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

1 B. Planeten und Monde.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

1 D. Die Sonne.

A. Wolfer. Provisorische Sonnenflecken-Relativzahlen für das IV. Quartal 1916. Met. ZS. **34**, 43, 1917.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

Friedrich Schmid. Zodiakallicht und Dämmerungsschein IV. Astr. ZS. **10**, 147—148, 1916.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Julius von Hann. Heinrich Mohn †. Peterm. Mitt. **62**, 422, 1916.

Richard Assmann. Werner v. Siemens' Arbeiten auf dem Gebiete der kosmischen Physik. Die Naturwissensch. **4**, Heft 50, S. 783—788. (Dem Andenken Werner Siemens zur Jahrhundertfeier seines Geburtstages.)

Wilhelm Capelle. Berges- und Wolkenhöhen bei griechischen Physikern. (*ΣΤΟΙΧΕΙΑ*-Studien zur Geschichte des antiken Weltbildes und der antiken Wissenschaft, herausgegeben von Franz Boll, Heft V.) Leipzig, B. G. Teubner, 1916. 8^0. 47 S.

R. Emden. Über abnorme Hörbarkeit. München 1916. 8^0. 11 S. S.-A. Sitzber. math.-phys. Kl. Kgl. bayer. Akad. Wiss. 1916.

Wilhelm Eckardt. Pflanzengrenzen in Europa in ihrer Abhängigkeit von Wetter- und Klimascheiden sowie vom Klimacharakter. Peterm. Mitt. **62**, 415—416, 1916.

Fritz von Kerner. Temperatur- und Regenmessungen aus Peru. Met. ZS. **34**, 29—34, 1917.

Wladislaw Goroszynski. La marche diurne de la température et de l'humidité de l'air à Varsovie. Warszawa 1916. 8^0. S.-A. C. R. de la Soc. des Sc. de Varsovie 1916, IX. Année, Fasc. 6., S. 576—608.

Hermann Haack. Physikalischer Wandatlas. I. Abteilung. Klima und Wetter, Nr. 7. Jährliche Regenmengen, Meeresströmungen, Weltkarte, Nr. 8. Jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge, Weltkarte. Gotha, Justus Perthes, 1916. Jede Karte 102,5 × 73,5 cm Blattgröße. Preis auf Lederpapier mit Leinwandrand je 4 ℳ.

Digitized by Google

A. J. Monné. Zusammenhang zwischen der Witterung und dem Betragen der Schulkinder. Ref.: W. S. Met. ZS. **34**, 36—39, 1917.

Dr. **R. Schorr.** Meteorologische Beobachtungen auf der Hamburger Sternwarte in Bergedorf im Jahre 1915. Herausgegeben vom Direktor . . . Hamburg 1916. 4^0. 2 Bl., 51 S.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Ergebnisse aerologischer Beobachtungen **4**, 1915. Amsterdam 1916. 8^0. XI. 168 S. (Konink. Nederl. Met. Inst., No. 106.)

2 A_3. Luftschiffahrt und Flugwesen.

C. Wieselsberger. Über einige Erfahrungen und Beobachtungen im Flugzeug. Die Naturwissensch. **4**, 829—832, 1916.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

2 C_1. Lufttemperatur.

G. Rempp und **A. Wagner.** Die Temperaturverhältnisse über Spitzbergen. Ref.: Süring. Met. ZS. **34**, 34—35, 1917.

Nils Ekholm. Beräkning av luftens månadsmedeltemperatur vid de Svenska meteorologiska stationerna. Upsala 1916. 4^0. 2 Bl., 111 S. (Bihang till Meteorologiska Jakttagelser i Sverige **56**, 1914.

Wladislaw Gorczynski. Sur l'application de la méthode de la corrélation à l'étude de la température de l'air. Warszawa 1916. 8^0. S.-A. C. R. de la Soc. des Sc. de Varsovie 1915, VIII, S. 581—609.

Wladislaw Gorczynski i Stanislawa Kosińska. Valeurs moyennes de la température de l'air et les isothermes en Pologne. Warszawa 1916. 8^0. S.-A. C. R. de la Soc. des Sc. de Varsovie 1916, IX. Année, Fasc. 1, S. 14—58. — Text polnisch mit franz. Auszug.

Wladislaw Gorczynski i Stanislawa Kosińska. Température de l'air en Pologne. Warszawa 1916. 4^0. 2 Bl., 262 S., 28 Karten. S.-A. Pamietnika Fisyograficznego. T. XXIII. — Text polnisch mit franz. Auszug.

2 C_2. Strahlung.

Anders Ångström-Upsala. Über die Gegenstrahlung der Atmosphäre. Met. ZS. **34**, 14—24, 1917.

W. Pogorzelski. Recherches théoriques sur les quantités de chaleur reçues par la terre en tenant compte des pertes du rayonnement dans l'atmosphère. Warszawa 1916. 8^0. 100 S. S.-A. Travaux Soc. Sc. Varsovie. III. Cl. des sc. math. et nat. Nr. 15. — Text polnisch mit franz. Auszug.

2 D. Luftdruck.

W. Gorczynski i F. Piotrowski. O war tościach średnich ciśnienia atmosferycznego dla 30 miejscowości w Polsce. Warszawa 1916. 8^0. S.-A. Wiadomości Matematycznych **21**, 67—75. (Enthält 25jährige Monatsmittel des Luftdrucks von 30 Stationen in Polen und benachbarten Ländern.

Wladislaw Gorczynski. Sur la variation diurne de la pression atmosphérique et sur quelques longues séries d'observations barometriques en Pologne. Warszawa 1916. 8^0. S.-A. C. R. de la Soc. des Sc. de Varsovie 1916, IX, S. 365—403.

Wladislaw Gorczynski. Sur la repartition géographique de la variabilité moyenne de la pression de l'air en Pologne et en Europe. Warszawa 1916. 8^0. S.-A. C. R. de la Soc. des Sc. de Varsovie 1916. IX, S. 609—641.

Digitized by Google

2 E. Winde und Stürme.

W. Gallenkamp. Über den Zusammenhang von Windgeschwindigkeit und Verdunstung. Met. ZS. **34**, 24—29, 1917.

Dr. **Josef Norbert Dörr.** Die Windhose von Wiener-Neustadt am 10. Juli 1916. Met. ZS. **34**, 1—14, 1917.

2 F. Wasserdampf.

W. S. Bruno Rolf über Kondensation und Verdunstung an einer Schneeoberfläche. Met. ZS. **34**, 41—42, 1917.

Wl. Gorczynski i W. Wierzbicka. Sur les valeurs moyennes et sur la répartition géographique des jours sereins et couverts en Pologne. Warszawa 1916. 8^0. S.-A. C. R. Soc. Sc. Varsovie 1916, IX, Fasc. 2, S. 135—185. — Text polnisch mit franz. Auszug.

Wl. Gorczynski i W. Wierzbicka. Valeurs moyennes du degré de nebulosité en Pologne. Warszawa 1915. 8^0. S.-A. C. R. Soc. Sc. de Varsovie 1915, 8, VIII, S. 609—649. — Text polnisch mit franz. Auszug.

2 G. Niederschläge.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

E. H. Nichols. Investigation of atmospheric electrical variations at sunrise and sunset. London 1916. 8^0. 8 S. S.-A. Proc. Roy. Soc. London (A.) **92**, 401—408.

W. S. Gewitter und Wetterleuchten bei verschiedenem Barometerstand. Met ZS. **34**, 43, 1917.

2 I. Meteorologische Optik.

Chr. Jensen. Die neutralen Punkte von Arago und Babinet in Hamburg und an einigen anderen Orten. Hamburg 1916. 8^0. 80 S. S.-A. Jahrb. Hamb. Wissensch. Anst. XXXIII, 1915. 3. Beiheft. Ref.: R. Süring, Met. ZS. **34**, 44—46, 1917.

A. Stentzel. Dämmerungserscheinungen. Astr. ZS. **10**, 150, 1916.

P. Gruner. Nouvelles remarques concernant les lueurs crépusculaires du ciel. Genève 1916. 8^0. S.-A. Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 32—46, 1916.

2 K. Synoptische Meteorologie.

Albert Defant. Die Verteilung des Luftdruckes über dem nordatlantischen Ozean und den anliegenden Teilen der Kontinente auf Grund der Beobachtungsergebnisse der 25jährigen Periode 1881 bis 1905. Wien 1916. 4^0. 1 Bl., 54 S., 13 Tafeln. S.-A. Denkschr. K. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. **93**, S. 447—500.

2 L. Dynamische Meteorologie.

2 M. Praktische Meteorologie.

E. T. Quaile. Wetterprognosen auf Grund der Zugrichtung von Cirruswolken. Met. ZS. **34**, 35—36, 1917.

Digitized by Google

2 N. Kosmische Meteorologie.

Hinselmann. Emil J. N. Brandt: Mond und Wetter im Jahre 1917. Eine Übersicht über die wetterwirksamen Mondstellungen und den dadurch bedingten mutmaßlichen Verlauf der Witterung unter besonderer Berücksichtigung der Bedeutung für die Landwirtschaft. Sechste erweiterte und verbesserte Auflage. Hannover, M. u. H. Schaper, 1917. 8°. 22 S., 8 Bl., Preis 0,90 ℳ.

2 O. Meteorologische Apparate.

Wilhelm Schmidt. Ein einfacher Verschluß des aspirierten feuchten Thermometers. Met. ZS. **34**, 42—43, 1917.

C. G. Abbot and L. B. Aldrich. On the use of the pyranometer. Washington 1916. 8°. 9 S. (Smithsonian Miscell. Coll. **66**, Nr. 11.)

2 P. Klimatologie.

F. W. Paul Lehmann. E. Huntington: Quantitative Völkeranalyse und Kulturklimatologie. Peterm. Mitt. **62**, 455—456, 1916.

Russell R. Spafford. The effect of climate and soil upon agriculture. Lincoln, Nebr. 1916. 8°. 23 S. S.-A Univ. Studies. Lincoln, Nebr. 1916.

Axel Wallén. Om långvariga klimatförändringar och källorna för deras utforskande. Stockholm 1916. 8°. S.-A. Top. Naturvetens. Rev. 1916, H. 2, 49—69.

F. T. Claxton. The climate of Hongkong. Hongkong 1916. Fol. 39 S. (Meteorological observations made at the Hongkong Observatory in the year 1915. Appendix.)

J. von Hann. Zum Klima von Arizona, Navajo Country (nach H. Gregory). Met. ZS. **34**, 39—41, 1917.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Emil Boehm. William Gilbert begründet die Lehre vom Erdmagnetismus 1600. Leipzig, R. Voigtländer, 1916. 8°. 69 S. (Voigtländers Quellenbücher. **84**. Preis 0,80 ℳ.)

Digitized by Google

O. Venske. Die mondentägige Periodizität der horizontalen Komponenten der erdmagnetischen Kraft nach den Aufzeichnungen des Potsdamer Magnetographen in den Jahren 1891—1905. Berlin, Behrend & Co., 1916. 4°. 65 S. (Veröffentl. Kgl. Preuß. Met. Inst. Nr. 291, Abhandl., **5**, Nr. 4.) Preis 4 ℳ.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Axel Wallén. Våra lågvattensbegrepp. Stockholm 1916. 4°. 1 Bl., 65 S. (Meddel. från Hydrogr. Byrån 7.)

Axel Wallén. Vattenstånds förutsägelserna. Granskning af 1915 års resultat och prognoser för år 1916. Stockholm 1916. 8°. 21 S., 2 Taf. S.-A. Teknisk Tids., Väg- och Vattenbyggnadskonst 1916. H. B.

Aloys Müller. Theorie der Gezeitenkräfte. Nr. 35 der Sammlung Vieweg: Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. 1916. 8°. 81 S., 17 Abbildungen. Preis 2,80 ℳ. Ref.: A. Defant, Met. ZS. **34**, 46—47, 1917.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

Walter Wund. Die Abflußverhältnisse Württembergs in kartographischer Darstellung. Stuttgart 1916. 8°. S.-A. Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturk. Württembergs **72**, 272—296, 1916. 5 Tafeln.

Axel Wallén. Till frågan om Vänerns reglering. Stockholm 1916. 4°. S.-A. Trollhättan, dess Kanaloch Kraftverk, utg. af Kungl. Vattenfallsstyrelsen. Del. II, 45—119. 1 Karte.

C. McD. Townsend. The currents of Lake Michigan and their influence on the climate of the neighbouring states. Chicago 1916. 8°. 17 S., 1 Tafel. S.-A. J. of the Western Soc. of Engin. **21**, 293—309.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. — **15. Mai 1917.** — **Nr. 9.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 9 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 15. bis 30. April 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Felix Auerbach. Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Einführung in die Physik. 4. Aufl. 14. bis 19. Tausend. Mit 71 Figuren im Text. IV u. 146 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1917. (Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt, 40. Bd.) (Preis geb. 1,50 ℳ.) *

Alexander Russell. Some aspects of Lord Kelvins life and work. Electrician **78**, 216—219, 1916.

H. G. J. Moseley, 1887—1915. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, Obit. Not. XXII—XXVIII, 1916.

Sir **Henry Roscoe,** 1833—1915. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, Obit. Not. I—XXI, 1916.

Adresse an Herrn Emil Warburg zum fünfzigjährigen Doktorjubiläum am 30. März 1917. Berl. Ber. 1917, 269—271.

G. Bigourdan. Les premières savantes de Paris au XVIIe siècle. C. R. **164**, 216—220, 1917.

L. Schüler. Die Geschichte des Transformators. (Fortsetzung.) Elektrot. ZS. **38**, 201—203, 213—216, 1917.

Henry Le Chatelier. Quelques problèmes scientifiques à résoudre. C. R. **164**, 205—210, 1917.

R. T. Glazebrook. Science and industry, with special reference to the work of the National Physical Laboratory. Electrician **78**, 320—321, 1916.

Digitized by Google

Hermann v. Helmholtz. Zwei Vorträge über Goethe. Goethes naturwissenschaftliche Arbeiten. Goethes Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen. Mit einem Geleitwort von Walter König. VI u. 64 S. Braunschweig, Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, 1917. (Feldausgabe, Preis 80 ₰.)

J. Spielrein. Über die Verwendung der Affinorrechnung zur Lösung technischer Aufgaben. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 161—166, 1917.

Ratgeber für das Selbststudium. Methodische Anweisungen für Studierende der Natur- und der Geisteswissenschaften. 2. Band. Physik von M. Smoluchowski, Geophysik von M. P. Rudzki, Meteorologie von R. Merecki. VIII u. 526 S. Warschau 1917. (Polnisch.)

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

P. Barreca. Nota preliminare sopra quattro nuovi strumenti. Cim. (6) **11**, 305—315, 1916.

3. Maß und Messen.

V. Láska. Der Variationsindex und die Glättung. Meteorol. ZS. **34**, 122—129, 1917.

Wilhelm Schmidt. Der Variationsindex und die Glättung. Meteorol. ZS. **34**, 131—132, 1917.

Paul Eversheim. Die Bedeutung der Mikrowage für den Naturforscher. ZS. f. wiss. Mikrosk. **33**, 151—158, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 550.

L. Lecornu. Sur la mesure du temps légal. C. R. **164**, 259—261, 1917.

J. Renaud. L'heure à bord des navires. C. R. **164**, 221—223, 1917.

Karl Scheel. Beobachtungen an Quecksilberkuppen. D. Opt. Wochenschr. 1917, 155—157.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Et. Delassus. Sur la notion générale de mouvement pour les systèmes holonomes et non holonomes. C. R. **164**, 270—272, 1917.

C. Fossa Mancini. Rotazione di un sistema solido attorno ad un asse. Cim. (6) **11**, 412—418, 1916.

E. Jouguet. Sur la stabilité séculaire. C. R. **164**, 272—275, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Mesnager. Solution simple du problème A. de Mathieu. C. R. **164**, 302—305, 1917.

Horace Lamb. On Waves in an Elastic Plate. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 114—128, 1917.

Edmond Charron. Théorie de l'archet. Ann. de phys. (9) **7**, 5—97, 1917.

Luigi Luiggi. Il metodo sperimentale del prof. E. G. Coker per determinare gli sforzi interni nei materiali da costruzione mediante la luce polarizzata. Cim. (6) **11**, 316—324, 1916.

E. G. Coker. Gli sforzi interni nei materiali da costruzione, determinati mediante la luce polarizzata. Cim. (6) **11**, 325—360, 1916.

Digitized by Google

6. Hydromechanik.

L. Abonnenc. Sur les lois de l'écoulement des liquides par gouttes dans les tubes cylindriques. C. R. **164**, 402—404, 1917.

Henri Villat. Sur un calcul de résistance dans un courant fluide limité. C. R. **164**, 275—278, 1917.

G. J. Taylor. Motion of Solids in Fluids when the Flow is not Irrotational. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 99—113, 1917.

Lord Rayleigh. On the Dynamics of Revolving Fluids. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 148—154, 1917.

C. Camichel. Sur le calcul des grandes surpressions dans les conduites munies d'un réservoir d'air. C. R. **164**, 331—333, 1917.

Luigi Sante Da Rios. Vortici ad elica. Cim. (6) **11**, 419—431, 1916.

Arnold Peter. Das stabile Schwimmen mathematischer Körper. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 80—84, 111—122, 1917.

Antonio Sellerio. Sulla viscosità dei liquidi isolanti in un campo elettrico Cim. (6) **11**, 395—411, 1916.

Eugen Feifel. Über die veränderliche, nicht stationäre Strömung in offenen Gerinnen, insbesondere über Schwingungen in Turbinen-Triebkanälen. 104 S. Diss. Techn. Hochschule Berlin 1915.

7. Kapillarität.

M. H. Stillmann. Die Dämpfung von Wellen und anderen Störungen in Quecksilber. Journ. Franklin Inst. **182**, 253, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 624—625.

Antonio Sellerio. Sulla tensione superficiale di un liquido isolante in un campo elettrico. Cim. (6) **11**, 297—304, 1916.

8. Aeromechanik.

H. Lorenz. Ballistik. Die mechanischen Grundlagen der Lehre vom Schuß. Mit 53 Textabbildungen. V u. 87 S. München, R. Oldenbourg, 1917. (Preis 3,50 ℳ.)

Alexander Gleichen. Einige Grundlehren der Ballistik des Flugwesens. ZS. f. Feinmech. **25**, 61—65, 1917.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

Edmond Charron. Théorie de l'archet. Ann. de phys. (9) **7**, 5—97, 1917.

U. Crudeli. Sull problema generale della diffrazione luminosa, oppure sonora, nell' ipotesi che lo scherma abbia forma di semipiano. Cim. (6) **11**, 277—296, 1916.

Wilhelm Schmidt. Äußere Hörbarkeitszone und Wasserstoffsphäre. Meteorol. ZS. **34**, 134—136, 1917.

2. Physiologische Akustik.

Digitized by Google

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Robert Wright. Molecular Weight Determinations in Bromine by the Air-current Method. Journ. Chem. Soc. **109**, 1134—1139, 1916.

Marcel Guichard. Sur une nouvelle méthode de détermination du poids atomique de l'iode (suite et fin). Ann. de chim. (9) **7**, 5—49, 1917.

William Norman Rae and **Joseph Reilly.** Precision in chemical weighing. (Concluded). Chem. News **114**, 200—203, 1916.

William Crookes. On the current adjustement of chemical weights. Reprinted from the Chem. News **15**, Nr. 385, April 29, 1867. Chem. News **114**, 223—224, 1916.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

William Norman Rae. The Hydrolysis of Iron Ammonium Alum. Journ. Chem. Soc. **109**, 1331—1339, 1916.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

Edgar Newbery. Overvoltage Tables. Part. III. Overvoltage and the Periodic Law. Journ. Chem. Soc. **109**, 1107—1117, 1916.

Edgar Newbery. Over voltage Tables. Part. IV. The Theories of Overvoltage and Passivity. Journ. Chem. Soc. **109**, 1359—1368, 1916.

Sir **Robert Hadfield** and **Edgar Newbery.** The Corrosion and Electrical Properties of Steels. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 56—67, 1917.

Rajendra Lal De. Relationship between the Physical Properties of Isomeric Cobaltammines and the Electrovalencies of their Co-ordination Complexes. Journ. Chem. Soc. **111**, 51—56, 1917.

J. H. Tracy. Operating characteristics of lead accumulators. Electrician **78**, 319—320, 1916.

4. Photochemie.

5. Thermochemie.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

A. E. H. Tutton. Monoclinic Double Selenates of the Nickel Group. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 68—72, 1917.

A. E. H. Tutton. X-Ray Analysis and Topic Axes of the Alkali Sulphates, and their Bearing on the Theory of Valency Volumes. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 72—89, 1917.

F. Grandjean. La visibilité, au-dessus de la température de fusion isotrope, des plages de contact entre les liquides anisotropes et les cristaux. C. R. **164**, 431—434, 1917.

W. H. F. Murdoch. Plastic Flowing of Metals. Nature **98**, 190, 1916.

Digitized by Google

Georg Kalb. Gesetzmäßige Kristallisation des Natriumchlorids auf Glimmer. Zentralbl. f. Min. 1917, 145—146.

William Norman Rae. A Period of Induction in the Dehydratation of Some Crystalline Hydrates. Journ. Chem. Soc. **100**, 1229—1236, 1916.

F. Grandjean. Sur l'application de la théorie du magnétisme aux liquides anisotropes. C. R. **164**, 280—283, 1917.

C. V. Boys. Annealing Glass. Nature **98**, 150—151, 1916.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

Antonio Sellerio. Sulla tensione superficiale di un liquido isolante in un campo elettrico. Cim. (6) **11**, 297—304, 1916.

Antonio Sellerio. Sulla viscosità dei liquidi isolanti in un campo elettrico. Cim. (6) **11**, 395—411, 1916.

4. Maße und Meßinstrumente.

J. H. Dellinger. Rationalisation of the magnetic unit. Electrician **78**, 290—291, 1916.

C. V. Drysdale. A universal resistance standardising bridge. Electrician **78**, 416—419, 1916.

J. Rennie. The temperature coefficients of voltmeters. Electrician **78**, 114—115, 1916.

C. Déguisne. Die Kompensationsmethode bei Wechselstrommessungen. Arch. f. Elektrot. **5**, 303—313, 1917.

5. Apparate.

Ernst Lübcke. Über Aufnahme von Wechselstromkurven unter Benutzung der ionisierenden Wirkung von Kathodenstrahlen. Arch. f. Elektrot. **5**, 314—334, 1917.

O. M. Corbino e G. C. Trabacchi. Dispositivi per produrre correnti di altissima tensione e di senza costante atte all'alimentazione dei tubi per raggi X. Cim. (6) **11**, 361—376, 1916.

E. Fr. Russ. Die Lasthebemagnete. (Schluß.) Elektrot. ZS. **38**, 205—207, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

Digitized by Google

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Auguste Righi. Sur la phase initiale de la décharge en champ magnétique. Ann. de phys. (9) **7**, 97—128, 1917.

David Owen. The influence of the time element on the resistance of a solid rectifying contact. Electrician **78**, 278—280, 1916.

O. H. Richardson. The Emission of Electricity from Hot Bodies. VII u. 304 S. London, Longmans, Green and Co., 1916. (Preis 9 s.) *

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

J. Königsberger mit Messungen von **K. Glimme.** Über die Streuungsabsorption von Kanalstrahlen. Sitzber. Heidelb. Akad., Math.-naturw. Kl., Abt. A., Math.-phys. Wiss. 1916, 13. Abh. 26 S.

J. Moran. The Release of Radium Emanation from Water at Different Temperatures by the Bubbling Method. Trans. Roy. Soc. Canada **10**, 57—66, 1916. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 63, 1917.

Albert Fernau und **Wolfgang Pauli.** Über die Einwirkung der durchdringenden Radiumstrahlung auf Kolloide. II. Kolloid-ZS. **20**, 20—33, 1917. [Chem. Zentralb., 1917, **1**, 623—624.

C. G. Barkla. On the X-rays and the theory of radiation. Chem. News **114**, 199—200, 1916.

O. M. Corbino et **G. C. Trabacchi.** Dispositivi per produrre correnti di altissima tensione e di senza costante atte all'alimentazione dei tubi per raggi X. Cim. (6) **11**, 361—376, 1916.

Friedrich Dessauer. Über die Coolidge-Röhre, ihre Eigenschaften und ihren Betrieb. D. Opt. Wochenschr. 1917, 168—170.

Albert W. Hull and **Marion Rice.** Das Hochfrequenzspektrum von Wolfram. Journ. Franklin Inst. **182**, 403, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 626.

A. E. H. Tutton. X-Ray Analysis and Topic Axes of the Alkali Sulphates, and their Bearing on the Theory of Valency Volumes. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 72—89, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

F. Grandjean. Sur l'application de la théorie du magnétisme aux liquides anisotropes. C. R. **164**, 280—283, 1917.

G. H. Livens. On the Mechanical Relations of the Energy of Magnetisation. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 20—27, 1916.

J. W. Nicholson and **Ernest Wilson.** Magnetic Induction and its Reversal in Spherical Iron Shells. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 129—148, 1917.

A. Bernini. Sul Magnetismo Susseguente del ferro. Cim. (6) **11**, 377—390, 1916.

A. Bernini. Ricerche sul magnetismo susseguente nel ferro elettrolitico, nel nichel e nel cobalto. Cim. (6) **11**, 391—394, 1916.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

N. W. McLachlan. Some notes on the theory of iron-cored high-frequency current transformers. Electrician **78**, 382—384, 1916.

Digitized by Google

L. Schüler. Die Geschichte des Transformators. (Fortsetzung.) Elektrot. ZS. **38**, 201—203, 213—216, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

J. A. Fleming. Electric wave telegraphy and telephony. 3. ed. 927 S. London, Longmans, 1916. (Preis 30 s.) *

J. P. van Zandt. Electric oscillatory phenomena of speaking arc. Electrician **78**, 287, 1916.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

W. St. B. Griffiths and P. T. Petrie. Practical Experiments in Heat and Light. IV u. 123, VIII u. 112 S. London, Rivingtons, 1916. (Preis 3 s. 6 d.) *

C. G. Barkla. On the X-rays and the theory of radiation. Chem. News **114**, 199—200, 1916.

U. Crudeli. Sul problema generale della diffrazione luminosa, oppure sonora, nell' ipotesi che lo schermo abbia forma di semipiano. Cim. (6) **11**, 277—296, 1916.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

Martini. Die Fehler optischer Systeme und ihre Korrektion. (Schluß.) ZS. f. Feinmech. **25**, 65—68, 1917.

Alphonse Berget. Sur un réfractomètre différentiel destiné à mesurer la salinité de l'eau de mer. C. R. **164**, 400—402, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

A. Ledoux. Nouvelle méthode pour la détermination de l'indice de réfraction des substances liquides. C. R. **164**, 305—308, 1917.

U. Crudeli. Sul problema generale della diffrazione luminosa, oppure sonora, nell' ipotesi che lo scherma abbia forma di semipiano. Cim. (6) **11**, 277—296, 1916.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Paul Gaubert. Sur le pouvoir rotatoire des cristaux liquides. C. R. **164**, 405—406, 1917.

Thomas Stewart Patterson. The Influence of Solvents, etc., on the Rotation of Optically Active Compounds. Part. XXI. The Relationship of the Rotatory Powers of Ethyl Tartrate, iso Butyl Tartrate and iso Butyl Diacetyltartrate. Journ. Chem. Soc. **109**, 1139—1175, 1916.

Thomas Stewart Patterson. The Influence of Solvents, etc., on the Rotation of Optically Active Compounds. Part XXII. Rotation-Dispersion. Journ. Chem. Soc. **109**, 1176—1203, 1916.

Digitized by Google

Thomas Stewart Patterson. The Influence of Solvents, etc., on the Rotation of Optically Active Compounds. Part. XXIII. Anomalous Rotation-Dispersion and Dynamic Isomerism. Journ. Chem. Soc. **109**. 1204—1228, 1916.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

Ludwig Kilchling. Gesetzmäßigkeiten in Bandenspektren. 70 S. Diss., Freiburg i. Br., 1915.

T. R. Merton and **J. W. Nicholson.** On Phenomena relating to the Spectra of Hydrogen and Helium. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 27—28, 1916.

R. F. Beatty. The Spectrum of Hydrogen. Nature **98**, 169, 1916.

Albert W. Hull und **Marion Rice.** Das Hochfrequenzspektrum von Wolfram. Journ. Franklin Inst. **182**, 403, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 626.

Massol et **Faucon.** Absorption des radiations ultraviolettes par quelques dérivés chlorés de l'éthane, de l'éthylène et de l'acétylène. C. R. **164**, 308—310, 1917.

Peter Joseph Brannigan and **Alexander Killen Macbeth.** The Quantitative Absorption of Light by Simple Inorganic Substances. Part I. The Haloids of the Alkali Metals and Hydrogen. Journ. Chem. Soc. **109**, 1277—1286, 1916.

N. A. Halbertsma. Lichttechnik, Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 166—169, 178—180, 1917.

1916 report of the committee on nomenclature and standards of the illuminating engineering society-definitions. Electrician **78**, 259—261, 1916.

Alfred R. Meyer. Die Grenzen der Lichterzeugung durch Temperaturstrahlung, das sogenannte mechanische Äquivalent des Lichtes und die jetzt gebräuchlichen elektrischen Glühlampen. D. Opt. Wochenschr. 1917, 165—167.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

The effect of ultra-violet light on the eye. Electrician **78**, 277—278, 1916.

Ultra-violet rays and the eyes. Electrician **78**, 288—289, 1916.

Charles V. Drysdale. Ultra-violet light and the eyes. Electrician **78**, 326, 1916.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

W. St. B. Griffiths and **P. T. Petrie.** Practical Experiments in Heat and Light. IV u. 123; VIII u. 112 S. London, Rivingtons, 1916. (Preis 3 s. 6 d.)

E. Ariès. L'entropie des gaz parfaits au zéro de la température absolue. C. R. **164**, 343—347, 1917.

Digitized by Google

2. Kinetische Theorie der Materie.

S. Chapman. The Kinetic Theory of Simple and Composite Monatomic Gases: Viscosity, Thermal Conduction and Diffusion. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 1—20, 1916.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

Edward G. Wheeler. The Stem Correction for Thermometers. Journ. Soc. Chem. Ind. **35**, 1198—1200, 1916. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 65, 1917.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

E. Ariès. La loi observée par les quatre fonctions de Massieu, pour les corps pris à des états correspondants. C. R. **164**, 261—264, 1917.

E. Ariès. L'entropie des gaz parfaits au zéro de la température absolue. C. R. **164**, 343—347, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Charles E. St. John. Observational Evidence that the relative Positions of Frauenhofer Lines are not systematically affected by anomalous Dispersion. Carnegie Inst. Washington Contrib. from Mt. Wilson Solar Obs. No. 123, 1916.

Report on the Astrophysical Observatory under the Direction of the Smithsonian Institution. For the fiscal year ending June 30, 1916. Washington, Government Printing Office 1916.

1 B. Planeten und Monde.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

P. Guthnick und R. Prager. Untersuchung des Lichtwechsels in B Lyrae auf Grund lichtelektrischer Messungen. Berl. Sitzber. Nr. 12/13, S. 222—248, 1917.

Harlow Shapley. Studies of the Magnitudes in Star Clusters, IV. On the Color of Stars in the Galactic Clouds surrounding Messier II. Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A. **3**, 25—29, 1917.

J. Guillaume. Occultations dans les Pléiades, observées le 16 septembre 1916, à l'équatorial Brünner (0^m, 16 d'ouverture) de l'Observatoire de Lyon. C. R. **163**, 301—302, 1916.

Frederick H. Seares. The Color of the Standard Polar Stars determined by the Method of Exposure-Ratios. Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A. **3**, 29—33, 1917.

Frederick H. Seares. Preliminary Results on the color of Nebulae. Carnegie Inst. Washington Mt. Wilson Solar Obs. Communic. to Nat. Acad. Sc. No. 36, 1916.

1 D. Die Sonne.

Arthur S. King. The structure of the Lithium Line λ 6708 and its probable Occurence in Sun-Spot Spectra. Carnegie Inst. Washington Contrib. from Mt. Wilson Solar Obs. No. 122, 1916.

J. Guillaume. Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de 1916. C. R. **163**, 436—438, 1916. Pendant le troisième trimestre **164**, 42—44, 1917.

A. Defant. Über Diffusion und Absorption in der Sonnenatmosphäre. (Mit 5 Textfig.) [Preis 1 K. 10 h.]. Wien. Sitzber., Abt. II, math. nat. Kl. **125**, 495—527, 1916.

Henryk Arctowski. Positions héliographiques des taches solaires et orages magnétiques. C. R. **164**, 145—147, 1917.

Digitized by Google

C. D. Perrine. Relation of the Apex of solar Motion to proper Motion and on the Cause of the Differences of its Position from radial Velocities and proper Motions. Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A. **3**, 38—41, 1917.

1 E. Kometen.

Charles P. Olivier. The Meteor System of Pons-Winnecke's Comet. Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A. **3**, 47—50, 1917.

1 F. Meteore und Meteoriten.

G. von Niessl. Bahnbestimmungen großer deternierender Meteore. Wien. Sitzber., Abt. II, math. nat. Kl. **125**, 527—585, 1916. (Preis 1 K. 75 h.)

Luizet. Bolide avec trainée persistante. C. R. **163**, 239, 1916.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Dr. Albert Defant. Meteorologie von Prof. Dr. Wilhelm Trabert. Neubearbeitet von .... Mit 46 Abbildungen und Tafeln, vierte zum Teil umgearbeitete Auflage. Sammlung Göschen.

J. v. Hann. Die Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnwendstein (September 1907 bis August 1908, Semmeringgebiet). Ein Beitrag zur Meteorologie der Berggipfel. (Mit 1 Textfig.) (Preis 2 K. 50 h.) Wien. Sitzber., Abt. IIa. Math. Astr. Phys. Met. u. Mechanik **125**, 41—125, 1916.

Dr. W. R. Eckardt, Met. Obs. Essen. Luftdruckverteilung und Regenfall auf der Balkanhalbinsel, besonders in deren nordöstlichem Teile. Wetter **34**, 25—31, 1917.

P. Garrigou-Lagrange. L'action luni-solaire et la température. C. R. **163**, 334—335, 1916.

Dr. Franz Linke. Berichte des Meteorologisch-Geophysikalischen Institutes zu Frankfurt a. M. und seines Taunus-Observatoriums Nr. 2, 1914 und 1915. Phys. Verein, Frankfurt a. M. Kommissionsverlag v. Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1916. (Preis 15 ℳ.)

Nils Ekholm. Månads översikt av Väderleken i Sverige till lantbrukets tjänst utgiven under Meteorologiska Centralanstaltens inseende. **37**, Nr. 1, 1917.

Übersicht der an der K. K. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik im Jahre 1916 angestellten meteorologischen Beobachtungen. Wien. Anz. Nr. 4, S. 39—43, 1917.

Monatliche Mitteilungen der K. K. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Wien, Hohe Warte, Dezember 1916. Wien. Anz. Nr. 4, S. 29—34, 1917.

Prof. G. v. Elsner. Übersicht über die Witterung in Zentraleuropa im Dezember 1916. Wetter **34**, 31—32, 1917.

2 A2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Mario Tenani. Nuovo metodo di Mesura del moti orizzontali e verticali dell'atmosfera per mezzo di un pallone pilota frenato. Cim. (6) 87—94, 1916.

Digitized by Google

Ergebnisse aerologischer Beobachtungen. 4. 1915. Konink. Nederl. Met. Inst. Nr. 106. Utrecht, Kemink & Zoon 1916.

Internationale Ballonfahrt vom 5. Oktober 1916. Unbemannter Ballon. Wien. Anz. Nr. 4, S. 36—38, 1917.

2 A_3. Luftfahrt und Flugwesen.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

2 C_1. Lufttemperatur.

2 C_2. Strahlung.

Henryk Arctowski. Sur les fluctuations de la constante solaire. C. R. **163**, 665—667, 1916.

A. Boutaric. Sur le rayonnement nocturne. C. R. **163**, 671—674, 1916.

2 D. Luftdruck.

2 E. Winde und Stürme.

P. H. Gallé, Adj. Dir. Ursache und Wirkung der holländischen Sturmflut vom 13. bis 14. Januar 1916. Peterm. Mitt. **63**, 24—25, 1917.

P. H. Gallé. Cyclonen in de Arabische Zee. Mededeelingen en Verhandelingen. 21. Konink. Nederl. Met. Inst. No. 102.

2 F. Wasserdampf.

2 G. Niederschläge.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

2 I. Meteorologische Optik.

2 K. Synoptische Meteorologie.

Albert Nodon. Observations sur les troubles atmosphériques pendant les mois d'octobre et de novembre 1916. C. R. **164**, 54—55, 1917.

2 L. Dynamische Meteorologie.

A. Fliegner. Kinetische Untersuchungen über die Lufthülle der Erde. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich **61**, 651—684, 1916.

2 M. Praktische Meteorologie.

2 N. Kosmische Meteorologie.

Über den Einfluß der Sonne auf die Erdatmosphäre. Prometheus **28**, 395—397, 1917.

Digitized by Google

2 O. Meteorologische Apparate.

Alexander Mc Adie. A new Thermometer Scale. Proc. Nat. Acad. Sc. of U. S. A. **2**, 670—672, 1916.

2 P. Klimatologie.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Maurice Langer. Sur l'énergie possédée par la Terre du fait de sa rotation sur-elle-même, quand on admet pour la densité à son intérieur la loi de variation $d = 10\left(I - 0{,}76\,\frac{r^2}{R^2}\right)$. C. R. **164**, 172—174, 1917.

Emile Belot. L'hypothèse satellitaire et le problème orogénique. C. R. **164**, 188—191, 1917.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

W. H. Young. Les séries trigonométriques et les moyennes de Cesàro. C. R. **163**, 427—430, 1916.

D. Menchoff. Sur l'unicité du développement trigonométrique. C. R. **163**, 433—436, 1916.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

Ph. Glangeaud. Les premières éruptions volcaniques (oligacènes) dans le géosynclinal lacustre de la Limagne (Côtes de Clermont, Chanturgue, etc.) C. R. **163**, 763—765, 1916.

A. Lacroix. Les verres volcaniques du massif du Cantal. C. R. **163**, 406—412, 1916.

Prof. Dr. **G. Grein.** Das Volumen der Lavaausflüsse am Vesuv in den Jahren 1891—1904. Peterm. Mitt. **63**, 10—16, 1917.

Frank A. Perret. The Lava Eruption of Stromboli, Summer—Autmn, 1915. Sill. J. (4) **42**, 443—463, 1916.

3 F. Erdbeben.

Pereira de Sousa. Sur les mégasismes du XVIIIe siècle dans les environs de l'effrondement en ovale lusitano-hispano-marocain. C. R. **163**, 709—711, 1916.

Wilhelm Schmidt. Vorrichtung zum mechanischen Auswerten von Bebenkurven. Wien. Anz. 1917, S. 51.

Vorläufiger Bericht über Erdbebenmeldungen in Österreich im Dezember 1916. Wien. Anz. Nr. 4, S. 35, 1917.

Digitized by Google

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Raclot. Sur l'origine du magnétisme terrestre. C. R. **164**, 150, 1917.
Emile Belot. Tracé provisoire de la courbe décrite par le Pôle magnétique boréal depuis 1541. C. R. **164**, 113—116, 1917.
Ph. Flajolet. Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon. (Saint-Genis-Laval) pendant le premier trimestre de 1916. C. R. **163**, 295, 1916; deuxième trimestre 442—443, troisième trimestre **164**, 55—56, 1917.
L. Vegard and **O. Krognes.** Résultats d'observations d'aurores boréales exécutées à l'Observatoire de Haldde. C. R. **163**, 443—446, 1916.
Elihu Thomson. Inferences concerning Auroras. Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A. **3**, 1—7, 1917.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. — 30. Mai 1917. — Nr. 10.

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 10 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 14. Mai 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

G. Gehlhoff. Friedrich Neumeier. Phys. ZS. **18**, 153—155, 1917.

F. Foerster. Dr. Botho Graf von Schwerin †. ZS. f. Elektrochem. **23**, 126—130, 1917.

Prof. **A. M. Worthington.** Nature **98**, 293—294, 1917.

Franz M. Feldhaus. Zur Geschichte der Dynamomaschine. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 100—103, 1917.

L. Schüler.* Die Geschichte des Transformators. (Schluß.) Elektrotechn. ZS. **38**, 231—234, 1917.

Der Deutsche Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht. Grundsätzliche Äußerung über die Stellung des mathematischen Unterrichtes an den höheren Knabenschulen. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 72—76, 1917.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1916. ZS. f. Instrkde. **37**, 70—78, 1917.

von Rohr. Zur Entwicklung des holländischen Fernrohres. ZS. f. Instrkde. **37**, 65—70, 1917.

R. T. Glazebrook. Science and industry, with special reference to the work of the National Physical Laboratory. Chem. News **114**, 302—305, 1916. Nature **98**, 339—341, 1916.

Joseph Larmor. British Optical Science. Nature **99**, 5, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

M. [illegible]agner. Schülerübung über das offene und das geschlossene Manometer. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 76—78, 1917.

Digitized by Google

Friedrich C. G. Müller. Vereinfachte Theorie der harmonischen Schwingbewegung. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 65—68, 1917.

P. Schoenhals. Die Monochordsaite als Stromleiter. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 81—83, 1917.

Chr. Schwantke. Mineralogische Schülersammlungen. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 86—87, 1917.

Franz Hochheim. Weitere Beiträge zum Gebrauch der Braunschen Röhre im Unterricht. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 57—65, 1917.

Friedr. Fricke. Gekreuzte Frequenzschreiber. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 69—76, 1917.

Erich Günther. Einfaches Modell eines Wechselstromgenerators. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 87, 1917.

Thomas. Ein einfacher Stromwender für Drehfelderzeugung mit Gleichstrom. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 84—85, 1917.

Walther Biegon von Czudnochowski. Ein Vorlesungsversuch zum Nachweise, daß die Helligkeit einer elektrischen Glühlampe stärker wächst als die Stromstärke. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 83—84, 1917.

Herm. Koch. Die Halbwattlampe beim optischen Versuch. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 78—81, 1917.

Friedrich C. G. Müller. Vereinfachte Schellbachsche Natriumröhre. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 88, 1917.

3. Maß und Messen.

Le Roy D. Weld. Theory of Errors and Least Squares. XII u. 190 S. New York, The Macmillan Co., London, Macmillan & Co., Ltd., 1916. (Preis 5 s. 6 d.) *

L. v. Bortkiewicz. Die Iterationen. Ein Beitrag zur Wahrscheinlichkeitstheorie. XII u. 206 S. Berlin, Julius Springer, 1917. (Preis 10 ℳ.) *

Keferstein. Die Maßsysteme der Physik. D. Opt. Wochenschr. 1917, 175—177.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

W. J. Browne. Mechanics for junior students. 216 S. London, Heywood, 1917. (Preis 2 s. 6 d.) *

R. J. Barnard. Elementary Dynamics of the Particle and Rigid Body. VII u. 374 S. London, Macmillan & Co., Ltd., 1917 (?). (Preis 6 s.) *

Leo Koenigsberger. Über die Hamiltonschen Differentialgleichungen der Dynamik. I. Sitzungsber. Heidelb. Akad. Math.-naturw. Kl. Abt. A., Math.-phys. Wiss. 1916, 12. Abh., 32 S.

Eduard Guillaume. Les bases de la physique moderne. (Suite.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 89—112, 1917.

Gunnar Nordström. Einstein's theory of gravitation and Herglotz's mechanics of continua. Proc. Amsterdam **19**, 884—891, 1917.

F. A. Lindemann, C. V. Burton. The Temperature Coefficient of Gravity. Nature **98**, 349, 1917.

George W. Todd. Thermodynamics and Gravitation: A Suggestion. Nature **99**, 5—6, 1917.

A. S. Eddington. Gravitation and the principle of relativity. Nature **98**, 328—330, 1916.

Digitized by Google

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

H. C. H. Carpenter. The influence of phosphorus and sulphur on the mechanical properties of steel. Nature **98**, 410—411, 1917.

6. Hydromechanik.

D. Holde. Über Graphitoleosole. I. (Unter Mitwirkung von K. Steinitz.) 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 116—120, 1917.

7. Kapillarität.

A. A. Campbell Swinton, Evelyn Beale. The Bursting of Bubbles. Nature **98**, 469, 1917.

S. W. J. Smith. The Bursting of Bubbles. Nature **99**, 5, 1917.

8. Aeromechanik.

Narath. Graphische äußere Ballistik. Art. Monatsh. 1916, 193—204.

Hjalmar Anér. Erweiterung eines bemerkenswerten ballistischen Satzes mit Beweis. Art. Monatsh. 1916, 147—159.

Andor v. Huberth. Der vertikale Schuß. Art. Monatsh. 1916, 79—95.

Joachim. Über eine Neuerung am Flugzeitmesser Boulengé. ZS. f. d. ges. Schieß- u. Sprengstoffwesen **11**, 349—350, 1916.

Heinrich Mache. Über die Bewegung des Geschosses im Rohr während der Verbrennung des Pulvers. Mitt. ü. Gegenst. d. Art.- u. Geniewesens 1916, Heft 7, 26 S.

Reinhold Rüdenberg. Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Impulsstärke von Verdichtungsstößen. Art. Monatsh. 1916, 237—265.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

Anton Lampa. Über das Mitschwingen von Saiten. Wien. Anz. 1917, 87—88.

Charles Davison. Sound-areas of great explosions. Nature **98**, 438—439, 1917.

2. Physiologische Akustik.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Walter Nernst. Theoretical chemistry. 872 S. London, Macmillan, 1917. (Preis 15 s.)

Wilhelm Ostwald. Grundriß der allgemeinen Chemie. 5. Aufl. XVI u. 647 S. mit 69 Textfiguren. Dresden und Leipzig, Verlag von Th. Steinkopff, 1917. (Preis 24 ℳ, geb. 25,50 ℳ.)

Digitized by Google

C. E. Guye. Le principe d'évolution dans les phénomènes physicochimiques. Soc. de phys. de Genève. Séance du 7 décembre 1916. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 168—170, 1917.

1917. Poids atomiques du Comité international. Journ. chim. phys. **15**, 96, 1917.

E. Moles. Sur les nouvelles valeurs des poids atomiques du carbone et du soufre de la table internationale pour 1916. Journ. chim. phys. **15**, 51—59, 1917.

Ph. A. Guye. A propos des valeurs fautives des poids atomiques du carbone et du soufre. Journ. chim. phys. **15**, 60—63, 1917.

Frederick Soddy. The Atomic Weight of „Thorium" Lead. Nature **98**, 469, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

Karl Jellinek. Über die osmotisch-kinetische Theorie der verdünnten Lösungen. ZS. f. phys. Chem. **92**, 169—212, 1917.

Earl of Berkeley. Notes on Osmotic Theory. Phil. Mag. (6) **33**, 261—276, 1917.

M. v. Smoluchowski. Versuch einer mathematischen Theorie der Koagulationskinetik kolloider Lösungen. ZS. f. phys. Chem. **92**, 129—168, 1917.

Elisabath Róna. Diffusionsgröße und Atomdurchmesser der Radiumemanation. ZS. f. phys. Chem. **92**, 213—218, 1917.

F. A. H. Schreinemakers. In-, mono- and divariant equilibria. XIII. Proc. Amsterdam **19**, 867—880, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

J. Stapenhorst. Über Passivität. ZS. f. phys. Chem. **92**, 238—254, 1917.

A. Smits and **C. A. Lobry de Bruyn.** A New Method for the Passification of Iron. Proc. Amsterdam **19**, 880—884, 1917.

4. Photochemie.

J. M. Eder. Der Einfluß der Vorbelichtung auf die Wiedergabe schwacher Lichteindrücke auf der photographischen Platte. S.-A. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 219—224, 1917.

5. Thermochemie.

Emil Podszus. Reaktionsgeschwindigkeit in heterogenen Systemen und Korngröße. ZS. f. phys. Chem. **92**, 227—237, 1917.

Otto Sackur. A Text book of thermo-chemistry and thermodynamic. Translated and rev. by G. E. Gibson. 455 S. London, Macmillan, 1917. (Preis 12 s.)

M. Bodenstein. Die physikalisch-chemischen Grundlagen der hüttenmännischen Zinkgewinnung. (Nach der Dissertation des Herrn Dr. Schubart.) 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 105—116, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

J. Czochralski. Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle. ZS. f. phys. Chem. **92**, 219—221, 1917.

Digitized by Google

R. G. Parker and **A. J. Dalladay.** On a Precision Method of uniting Optical Glass—the Union of Glass in Optical Contact by Heat Treatment. Phil. Mag. (6) **33**, 276—286, 1917.

Ralph H. Sherry. Grain-growth in deformed and annealed low carbon steel. Chem. News **115**, 6, 15—18, 1917.

E. D. Campbell. Do equiatomic solutions in iron possess equal resistances. Chem. News **115**, 45—48, 1917.

H. C. H. Carpenter. The influence of phosphorus and sulphur on the mechanical properties of steel. Nature **98**, 410—411, 1917.

W. Böttger. Herstellung fadenförmiger Kristalle (Kristallfäden für Glühlampen) nach dem Verfahren der Firma Julius Pintsch, A.-G. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 121—125, 1917.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

J. Tresling. The equations of the theory of electrons in a gravitation field of Einstein deduced from a variation principle. The principal function of the motion of the electrons. Proc. Amsterdam **19**, 892—896, 1917.

Megh Nad Shaha. On Maxwell's Stresses. Phil. Mag. (6) **33**, 256—261, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

S. Mikola. Untersuchungen über die Lichtenbergschen Figuren und über die Strahlung des Kondensators. Phys. ZS. **18**, 158—165, 1917.

4. Maße und Meßinstrumente.

C. V. Drysdale. A universal resistance standardising bridge (Concluded). Electrician **78**, 441—445, 1917.

Harris J. Ryan. The high-voltage potentiometer. Electrician **78**, 525, 1917.

J. K. A. Wertheim Salomonson. Electric current measuring instruments with parabolic law of deflection. Proc. Amsterdam **19**, 896—899, 1917.

Th. Christen. Zur Physik des Integral-Iontometers. Phys. ZS. **18**, 165—167, 1917.

5. Apparate.

H. Greinacher. Widerstand und Polarisation der Selenzellen. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 51—71, 1917.

Artur Korn. Eine neue Methode der Bildtelegraphie und ihre mögliche Verwendung zur Reproduktion von Bildern. ZS. f. Feinmech. **25**, 71—74, 1917.

H. Henney. Freileitungen aus Aluminium. Elektrot. ZS. **38**, 241—244, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

Digitized by Google

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

A. Lang. Die Erwärmung der Wicklungen elektrischer Maschinen aus Ersatzmetallen. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 201—209, 1917.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

E. D. Campbell. Do equiatomic solutions in iron possess equal resistances. Chem. News **115**, 45—48, 1917.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Ch. Eug. Guye et **G. Stancescu.** Décharge disruptive dans les gaz comprimés. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 131—160, 1917.

K. Hoerner. Über Unterbrechungslichtbogen an Walzenschaltern. Elektrot. ZS. **38**, 247—248, 1917.

D. N. Mallik and **A. B. Das.** High Vacuum-Spectra of Gases. Phil. Mag. (6) **33**, 253—256, 1917.

S. Mikola. Untersuchungen über die Lichtenbergschen Figuren und über die Strahlung des Kondensators. Phys. ZS. **18**, 158—165, 1917.

A. T. Waterman. On the Positive Ionization from Certain Hot Salts, together with some Observations on the Electrical Properties of Molybdenite at High Temperatures. Phil. Mag. (6) **33**, 225—247, 1917.

Th. Christen. Zur Physik des Integral-Iontometers. Phys. ZS. **18**, 165—167, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

Elisabeth Róna. Diffusionsgröße und Atomdurchmesser der Radiumemanation. ZS. f. phys. Chem. **92**, 213—218, 1917.

R. R. Sahni. The Scattering of α Particles by Gases. Phil. Mag. (6) **33**, 290—295, 1917.

G. W. C. Kaye. X-rays; an introduction to the study of Röntgen rays. 2 ed. 302 S. London, Longmans, 1917. (Preis 9 s.)

Heins Bauer †. Physik der Röntgenologie. Mit einem Vorwort von E. Kromayer, herausgegeben von Ilse Bauer. Mit einem Bildnis. 53 S. Berlin, H. Meusser, 1917. (Bibl. d. phys.-med. Techniken, herausgeg. von Heinz Bauer, Bd. 9.) (Preis geb. 3 ℳ.)

Frederick Soddy. The Atomic Weight of „Thorium" Lead. Nature **98**, 469, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

P. Weiss, A. Piccard et **A. Carrard.** Calorimétrie des substances ferromagnétiques. (Suite.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 113—130, 1917.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

G. H. Livens. On the Energy in the Electromagnetic Field. Phil. Mag. (6) **33**, 286—290, 1917.

L. Schüler. Die Geschichte des Transformators. (Schluß.) Elektrot. ZS. **38**, 231—234, 1917.

Digitized by Google

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

Franz Anderle. Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, allgemein verständlich und mit besonderer Berücksichtigung der Praxis. 3. Aufl. Mit 233 Figuren. X u. 342 S. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1916. (Preis 9 ℳ.)

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

H. Greinacher. Widerstand und Polarisation der Selenzellen. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 51—71, 1917.

H. Lüssem. Untersuchungen am Lithiumspektrum im elektrischen Felde. 28 S. Leipzig 1916.

H. Eichler. Der Einfluß der Gase auf den lichtelektrischen Effekt. 35 S. Leipzig 1916.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

Megh Nad Shaha. On Maxwell's Stresses. Phil. Mag. (6) **33**, 256—261, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

R. G. Parker and **A. J. Dalladay.** On a Precision Method of uniting Optical Glass—the Union of Glass in Optical Contact by Heat Treatment. Phil. Mag. (6) **33**, 276—286, 1917.

J. Aue. Zur graphischen Bestimmung des anastatischen Punktes beim Porrofernrohre. D. Opt. Wochenschr. 1917, 179—180.

von Rohr. Zur Entwicklung des holländischen Fernrohrs. ZS. f. Instrkde. **37**, 65—70, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

C. Barus. The Interferometry of Reversed and Non-reversed Spectra. 158 S. Washington, Carnegie Institution 1917 (?).

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Rayleigh. Talbot's Observations on Fused Nitre. Nature **98**, 428, 1917.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

N. Galli und **K. Försterling.** Über die Struktur der ultravioletten Quecksilberlinien. Phys. ZS. **18**, 155—158, 1917.

D. N. Mallik and **A. B. Das.** High Vacuum-Spectra of Gases. Phil. Mag. (6) **33**, 253—256, 1917.

Digitized by Google

Alfred R. Meyer. Die Grenzen der Lichterzeugung durch Temperaturstrahlung, das sogenannte mechanische Äquivalent des Lichts und die jetzt gebräuchlichen elektrischen Glühlampen. (Schluß.) D. Opt. Wochenschr. 1917, 177—179.

The lumen as a measure of illuminating power. Electrician **78**, 527—528, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

Wilhelm Ostwald. Das absolute System der Farben. Zweite Abhandlung. ZS. f. phys. Chem. **92**, 222—226, 1917.

James Kerr. The effect on the eye of varying degrees of brightness and contrast. Electrician **78**, 667, 1917.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Otto Sackur. A Text book of thermo-chemistry and thermodynamic. Translated and rev. by G. E. Gibson. 455 S. London, Macmillan, 1917. (Preis 12 s.)

George W. Todd. Thermodynamics and Gravitation: A Suggestion. Nature **98**, 5—6, 1917.

2. Kinetische Theorie der Materie.

J. H. Jeans. The Dynamical Theory of Gases. 2 ed. VII u. 436 S. Cambridge, At the University Press, 1916. (Preis 16 s.)

L. S. Ornstein. Problemen der kinetische theorie van den Stof. Jaarboek der Rijksuniversiteit te Utrecht 1914—1915, 1915.

C. E. Guye. Le principe d'évolution dans les phénomènes physicochimiques. Soc. de phys. de Genève. Séance du 7 décembre 1916. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 168—170, 1917.

S. Chapman and **F. W. Dootson.** A Note on Thermal Diffusion. Phil. Mag. (6) **33**, 248—253, 1917.

M. v. Smoluchowski. Versuch einer mathematischen Theorie der Koagulationskinetik kolloider Lösungen. ZS. f. phys. Chem. **92**, 129—168, 1917.

Karl Jellinek. Über die osmotisch-kinetische Theorie der verdünnten Lösungen. ZS. f. phys. Chem. **92**, 169—212, 1917.

Elisabeth Róna. Diffusionsgröße und Atomdurchmesser der Radiumemanation. ZS. f. phys. Chem. **92**, 213—218, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Bekanntmachung über die Beglaubigung von Beleuchtungsgläsern. D. Mech.-Ztg. 1917, 57.

Digitized by Google

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

A. Berthoud. Détermination des températures et des pressions critiques des amines et des chlorures d'alcoyles. Journ. chim. phys. **15**, 3—29, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

P. Weiss, A. Piccard et **A. Carrard.** Calorimétrie des substances ferromagnétiques. (Suite.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 113—130, 1917.

L. Holborn und **M. Jakob.** Die spezifische Wärme c_p der Luft bei 60^0 C und 1 bis 300 at. Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ingenieurw. **187**, **188**, 54 S., 1916.

M. Trautz und **B. Berneit.** Messungen der spezifischen Wärme von CO_2, Cl_2 und SO_2. Sitzungsber. Heidelb. Akad. 1916, 25 S.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

1 B. Planeten und Monde.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

1 D. Die Sonne.

Die Sonnentätigkeit im Jahre 1916. Astr. ZS. **11**, 9.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

J. v. Hann in Wien. Heinrich Mohn †. Met. ZS. **34**, 82—84, 1917.

De standvastigheid van nat og droog weer! Hemel en Dampkring **14**, 100—103, 1916.

A. Hofmann in Mehlem. Ein Vorschlag. Wetter **34**, 47—48, 1917.

Schwankungen bei nächtlichen Übermittelungen der Funkentelegraphie. Elektrotechn. ZS. **38**, 27—28, 1917.

Dr. **M. Robitzsch.** Das Summen der Telegraphendrähte. Met. ZS. **34**, 86—87, 1917

Wilhelm Schmidt. Das Summen der Telegraphendrähte. Met. ZS. **34**, 84—86. 1917.

Dr. **W. Brand** in Marburg. Jährliche Hörbarkeitsperiode des Geschützdonners und seine größten bisherigen Reichweiten. Met. ZS. **34**, 58—70, 1917.

Ernst Esclangon. Sur les coups de canon et les zones de silence. Paris 1916. 4^0. S.-A. C. R. **163**, 167—169.

E. Alt, L. Weickmann und **A. Huber.** Übersicht über die Witterungsverhältnisse in Bayern im Jahre 1914. Veröffentl. Kgl. Bayer. Met. Zentr.-Anst., Jahrb. 1914, **36**. München 1916.

Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1914. Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königreich Bayern im Jahre 1914. Veröffentl. Kgl. Bayer. Met. Zentr.-Anst., Jahrb. 36. München 1916. 4^6. XII, 142, 9, 48, 6, 5, 4, 29 S., 7 Tafeln.

Results of meteorological observations in the five years 1911—1915, also of underground temperatures, 1878—1910. Radcliffe Observatory, Oxford, **51**. Oxford 1916. 4^0. XV, 215 S.

Digitized by Google

Annual report of the director of the Philippine Weather Bureau for the year 1914. Part. III. Meteorological observations made at the secondary stations. Manila 1916. 4°. 339 S.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Dr. **Franz Ahlgrimm** in Lindenberg. Die Erscheinungen der höheren Luftschichten über Lindenberg im Januar 1917. Wetter **34**, 32—34, 1917.

A. Kopfmüller in Friedrichshafen. Die aerologischen Arbeiten der Drachenstation am Bodensee im Januar 1917. Wetter **34**, 34—35, 1917.

Die Temperatur der oberen Luftschichten im Januar 1917. Königl. Preuß. Aeronautisches Observatorium Lindenberg und Drachenstation am Bodensee in Friedrichshafen. Karten-Beilage zu Wetter **34**, 2, 1917.

H. G. Cannegieter. Temperatuur, luchtdruck en wind in de hoogere dampkringslagen. (Forts.) Hemel en Dampkring **14**, 87—91, 1916.

H. G. Cannegieter. Verschillen in ten toestand van den dampkring boven Soesterberg en Scheveningen in den zomer. Hemel en Dampkring **14**, 97—100, 1916.

A. Schmauss. Münchener Aerologische Studien. Veröffentl. Kgl. Bayer. Met. Zentr.-Anst., Jahrb. 1914, **36**. München 1916.

Hc und Tc im Auf- und Abstiegsdiagramm. Veröffentl. Kgl. Bayer. Met. Zentr.-Anst., Jahrb. 1914, **36**. München 1916.

Die Jahresperiode von Tc und Hc über München. Veröffentl. Kgl. Bayer. Met. Zentr.-Anst., Jahrb. 1914. **36**. München 1916.

Die Arbeiten des Königl. Preußischen Aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg im Jahre 1915. XI. Band. Herausgegeben von Dr. Hugo Hergesell, Direktor. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1916. 4°. XXII, 200 S. Preis 15 ℳ.

2 A_3. Luftschiffahrt und Flugwesen.

Oskar Prochnow. Flieger-Wetterkunde. Kurzgefaßte Darstellung der Physik des Luftmeeres und der Wetterkunde in Beziehung zum Flugwesen. Mannheim und Leipzig, F. Nemnich, 1916. 4°. 2 Bl. 32 S. Preis 4 ℳ.

Gagelmann. Böen und Flieger. Deutsche Luftfahrer-ZS. **21**, 21—24, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

2 C_1. Lufttemperatur.

2 C_2. Strahlung.

Dir. Ass. **Lindemann.** Die mittlere Sonnenscheindauer in Tharandt und Dresden 1911—1915. Wetter **34**, 35—47, 1917.

2 D. Luftdruck.

Prof. Dr. **Victor Conrad** in Belgrad, k. u. k. Feldwetterstation. Täglicher Gang des Luftdruckes zu Belgrad. Met. ZS. **34**, 89—91, 1917.

H. Cramer in Achern (Baden). Zur Anwendung der polytropen Höhenformel. Met. ZS. **34**, 87—89, 1917.

2 E. Winde und Stürme.

Dr. **Robert Dietzius** in Wien. Die Richtung des Windes über Wien an sehr heiteren Tagen. Met. ZS. **34**, 70—76, 1917.

S. W. Visser. Hoos in den avond van 29. Augustus. Hemel en Dampkring **14**, 81—84, 1916.

Digitized by Google

2 F. Wasserdampf.

W. Koppen. Verdunstungsmenge, Verdunstungskälte und Dampfhunger. Met. ZS. **34**, 49—58, 1917.

Sophus Weber. Undersøgelser over isens damptryk. Kjøbenhavn 1916. 8°. S.-A. Oversigt over det Kgl. Vidensk. Selskabs. Forhandl. 1915.

2 G. Niederschläge.

F. Lex. Über die geographische Verteilung der Niederschläge im diesseitigen Bayern bei durch Süd- und Ostdepressionen (V b) bedingten, Hochwasserwetterlagen. Veröffentl. Kgl. Bayer. Met. Zentr.-Anst., Jahrb. 1914, **36**. München 1916.

Fritz von Kerner. Zonale Verteilung der Regenhäufigkeit auf dem Atlantischen Ozean. Met. ZS. **34**, 91—92, 1917.

Über Tagesmaxima des Regenfalles auf Java. Met. ZS. **34**, 84, 1917.

Niederschlagsmengen in Zentral-Europa in Millimetern. Dezember 1916. Karten-Beilage zu Wetter **34**, 2, 1917.

C. Liese. Zusatz zu dem Artikel in Heft 1: „Vermehrte die Edertalsperre die Hagelfälle?" Wetter **34**, 48, 1917.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

E. H. Nichols. The diurnal variation of atmospheric electrical quantities. London 1916. 8°. S.-A. Philos. Mag. (6) **32**, 282—294.

E. Wiechert. Bericht der Kommission für luftelektrische Forschung. Göttingen 1916. 8°. Nachr. d. Kgl. Ges. d. Wiss. Göttingen, Geschäftl. Mitt. 1916, Heft 1, S. 11.

Hermann Rübesamen. Über Empfangsstörungen und elektrisch-meteorologische Elemente der Atmosphäre. Dissertation Halle 1915. 4°. 26 S., 9 Blatt, 2 Tafeln. Ref.: W. Budig. Met. ZS. **34**, 94—95, 1917.

A. Schmauss. Die Mechanik der Gewitterböe vom 14./15. März 1914. Veröffentl. Kgl. Bayer. Met. Zentr.-Anst., Jahrb. 1914, **36**. München 1916.

Beobachtungen über Gewitter in Bayern während des Jahres 1914. Veröffentl. Kgl. Bayer. Met. Zentr.-Anst., Jahrb. 1914, **36**. München 1916.

Onweers-waarnemingen dor den heer A. J. Aalders te Apeldorn op 27. Juni 1916. Hemel en Dampkring **14**, 84—86, 1916.

C. T. R. Wilson. Some determinations of the sign and magnitude of electric discharges in lightning flashes. London 1916. 4°. S.-A. Proc. Roy. Soc. London (A) **92**, 555—574.

[2 I. Meteorologische Optik.

Giovanni Platania. Osservazioni dei punti neutri della polarizzazione atmosferica esegiute in Catania nel 1915. Catania 1916. 4°. 5 S. S.-A. Mem. Soc. Spektroscop. ital. **5**, 1916.

2 K. Synoptische Meteorologie.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein): Einige Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung bei Island und dem Wetter in Deutschland. Die Naturwissensch. **5**, Heft 4, S. 62, 1917.

2 L. Dynamische Meteorologie.

Digitized by Google

2 M. Praktische Meteorologie.

Francesco Vercelli. Oscillazioni periodiche e previsione della pressione atmosferica. Milano 1916. 4°. 31 S., 2 Taf. (Pubblic. del Reale Osservatorio Astr. di Breva in Milano, No. 53.)

2 N. Kosmische Meteorologie.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

Walter Mörikofer. Klimatische Normalwerte für Basel 1916. 8°. Verhandl. Naturf.-Ges. Basel **27**, 149—155.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

J. Walther Leather. Soil temperatures. Calcutta and London. (1915.) 4°. S.-A. Mem. Depart. Agricult. India. Chem. Series **4**, 19—84.

Fritz von Kerner. Messung von Bodentemperaturen auf Gipfeln der Stubaier Alpen. Met. ZS. **34**, 92—94, 1917.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

H. E. Hurst. The magnetic survey of Egypt and the Sudan. (Ministry of Finance. Egyptian Survey Department. Paper XXXIII.) Cairo 1915. 8°. 53 S.

Louis A. Bauer. The work done by the U. S. Coast and Geodetic Survey in the field of Terrestrial Magnetism. Centennial celebrat. U. S. Coast and Geodetic Survey, April 5 & 6, 1916. Washington D. C. (Depart. of Commerce, U. S. Coast and Geodetic Survey.) Washington 1916. 14—35. 3 Taf.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

Digitized by Google

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

J. E. Pillsbury. Ocean currents and deep-sea explorations of the U. S. Coast and Geodetic Survey. Centennial celebrat. U. S. Coast and Geod. Survey, April 5 & 6, 1916. Washington. (Dep. of Commerce U. S. Coast and Geod. Survey.) Washington 1916. 40—47.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

Schriften des Verbandes zur Klärung der Wünschelrutenfrage. Heft 7. Stuttgart, Konrad Wittwer, 1916. 8°. 176 S., 3 Taf. Preis 4 ℳ.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

R. Halter. Eiserscheinungen in fließenden Gewässern. Wien 1916. 8°. 30 S. Schrift. Ver. z. Verbreit. naturw. Kenntnisse Wien **56**, 1915/16. Preis 0,70 ℳ.

A. de Quervain in Zürich. Die Bestimmung des jährlichen Firnniederschlages durch Schneefärbung und Wägung. Met. ZS. **34**, 76—82, 1917.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. 15. Juni 1917. Nr. 11.

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 11 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 16. bis 31. Mai 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Felix Auerbach. Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Einführung in die Physik. 4. Aufl. 14. bis 19. Tausend. Mit 71 Figuren im Text. IV u. 146 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1917. (Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt, 40. Bd.) (Preis geb. 1,50 ℳ.) *

Conrad Matschoß. Werner Siemens. Aus Anlaß der 100. Wiederkehr seines Geburtstages. ZS. d. Ver. d. Ing. **60**, 1037—1063, 1916.

E. Raehlmann. Goethes Farbenlehre. 40 S. mit 2 Tafeln. S.-A. aus dem Jahrbuch der Goethe-Gesellschaft, Bd. 3. Leipzig, Insel-Verlag, 1916. (Preis 5 ℳ.) *

Richard Baumann. Wissenschaft, Geschäftsgeist und Hookesches Gesetz. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 117—124, 1917.

I. Silbermann. Zur erkenntnistheoretischen Begründung der Physik. Jahrb. d. Radioakt. **14**, 1—51, 1917.

K. Brabbée. Die Prüfungsanstalt für Heiz- und Lüftungsanlagen der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. Mitt. k. k. techn. Versuchsamt Wien **6**, 59—62, 1917.

E. Jahnke. Zur Einführung in die Dyadenrechnung. Arch. d. Math. u. Phys. (3) **25**, 310—328, 1917.

Nachtrag zur Übersicht über die Kriegsbeteiligung der deutschen Physiker. Phys. ZS. **18**, 208, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

Digitized by Google

3. Maß und Messen.

W. Porstmann. Normenlehre. Grundlagen, Reform und Organisation der Maß- und Normensysteme, dargestellt für Wissenschaft, Unterricht und Wirtschaft. Mit 28 Abbild. Leipzig, A. Haase, 1917, (Preis 6 ℳ, geb. 7 ℳ) *

W. Alexandrow. Elementare Grundlagen für die Theorie des Maßes. 87 S. Zürich 1916.

Otto Steinitz. Ein absolutes Maßsystem auf Grund zweier Fundamentaleinheiten. Prometheus **28**, 417—418, 1916.

J. Hanisch. Tafeln für optische Distanzmessung. 45 S. Stuttgart, J. B. Metzlersche Buchhandlung, 1916. (Preis 2,50 ℳ.) *

W. Heyn. Die Geschwindigkeitsmesser mit Reibungsgetriebe, Beitrag zu ihrer Theorie. V u. 56 S. Berlin 1917. (Preis 2,40 ℳ.) *

Die Geschwindigkeitsmesser von Siemens & Halske, A.-G. ZS. f. Feinmech. **25**, 85—87, 1917.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

A. Einstein. Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie. (Gemeinverständlich.) Mit 3 Figuren. IV u. 70 S. Braunschweig, Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, 1917. (Sammlung Vieweg, Heft 38.) (Preis 2,80 ℳ.) *

Paul Gerber †. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gravitation. Ann. d. Phys. (4) **52**, 415—444, 1917.

Aug. Föppl. Vorlesungen über technische Mechanik. 1. Band. Einführung in die Mechanik. 5. Aufl. Mit 104 Figuren im Text. XVI u. 431 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1917. (Preis 9,20 ℳ, geb. 10 ℳ, mit Teuerungszuschlag 11 ℳ.) *

Georg Dreyer. Elemente der Graphostatik. Lehrbuch für technische Unterrichtsanstalten und zum Selbstunterricht mit vielen Anwendungen auf den Maschinenbau und Brückenbau. 4. Aufl. Mit 300 in den Text gedruckten Abbildungen und 8 Tafeln. Ilmenau, Herm. Reimann, Techn. Verlag, 1916. (Preis 7,50 ℳ.) *

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Alfons Leon. Materialeigenschaften und Materialstruktur. (Sammelreferat.) Mitt. k. k. techn. Versuchsamt Wien **6**, 62—66, 1917.

Emil Nonnenmacher. Über den derzeitigen Stand unserer Erkenntnisse hinsichtlich der Elastizität und Festigkeit von Gußeisen. Stuttgart, Konrad Wittwer. (Preis 5 ℳ.) *

H. Kayser. Beziehungen zwischen Druckfestigkeit und Biegungsfestigkeit. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 92—97, 124—127, 1917.

W. Müller. Der Einfluß des Herstellungsverfahrens und der Walzrichtung auf die Eigenschaften verschieden stark gewalzter Kupferbleche. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 65—67, 1917.

Alfons Leon. Über die Ermüdung von Maschinenteilen. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 192—196, 214—218, 1917.

Digitized by Google

Georg Steinmetz. Dehnungsmessung am laufenden Riemen. 20 S. Diss. Techn. Hochsch. Berlin 1917.

6. Hydromechanik.

Ferdinand Wittenbauer. Aufgaben aus der technischen Mechanik. Bd. III. Flüssigkeiten und Gase. 2. Aufl. Mit 396 Textabb. u. 586 Aufgaben nebst Lösungen und einer Formelsammlung. VIII u. 374 S. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Preis 8 ℳ.) *

Eugen Feifel. Spiegelschwingungen in Turbinen-Triebkanälen. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 48—51, 100—104, 1917.

J. Fischer. Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in offenen Gerinnen in ihrer Beziehung zu den Oberflächengeschwindigkeiten. 55 S. Dresden 1916.

7. Kapillarität.

L. Gimbel. Flüssigkeitsoberflächen unter dem Einfluß der Kohäsion und Adhäsion. Ein Beitrag zur graphischen Lösung von Differentialgleichungen. Arch. d. Math. u. Phys. (3) **25**, 281—296, 1917.

8. Aeromechanik.

Ferdinand Wittenbauer. Aufgaben aus der technischen Mechanik. Bd. III. Flüssigkeiten und Gase. 2. Aufl. Mit 396 Textabbild. und 586 Aufgaben nebst Lösungen und einer Formelsammlung. VIII u. 374 S. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Preis 8 ℳ.) *

E. Poser. Der Diffusionskoeffizient von Argon-Neon und seine Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis. 30 S. mit 2 Tafeln. Halle 1916.

C. Gegauff. Sondenmessungen im aërodynamischen Feld. 46 S. Basel 1916.

Alexander Gleichen. Einige Grundlehren der Ballistik des Flugwesens. (Schluß.) ZS. f. Feinmech. **25**, 83—84, 1917.

Richard Grammel. Die hydrodynamischen Grundlagen des Fluges. Mit 83 Figuren. V u. 136 S. Braunschweig, Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, 1917. (Sammlung Vieweg, Heft 39/40, Doppelheft.) (Preis 5,60 ℳ.) *

H. Lorenz. Ballistik. Die mechanischen Grundlagen der Lehre vom Schuß. Mit 53 Textabbildungen. V u. 87 S. München, R. Oldenbourg, 1917. (Preis 3,50 ℳ.) *

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

G. Schweikert. Einfache harmonische Schwingungen der Luft in Röhren und die durch sie erzeugten Staubfiguren. Ann. d. Phys. (4) **52**, 333—397, 1917.

2. Physiologische Akustik.

J. B. Flowers. Die wahre Natur der Sprache. Proc. Amer. Inst. El. Eng. **35**, 183. [Elektrot. ZS. **38**, 260—261, 1917.

Digitized by Google

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Wilhelm Ostwald. Grundriß der allgemeinen Chemie. 5. Aufl. 647 S. mit 69 Abb. Dresden und Leipzig, Verlag von Theodor Steinkopff, 1917. (Preis 24 ℳ, geb. 25,50 ℳ) *

B. Bavink. Einführung in die allgemeine Chemie, IV u. 108 S. Berlin und Leipzig, B. G. Teubner, 1917. (Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt, 582. Bd.) (Preis 1,20 ℳ, geb. 1,50 ℳ.) *

Curt Schmidt. Das periodische System der chemischen Elemente. VII u. 143 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1917. *

Wilhelm Kroll. Über die Darstellung des amorphen Bors. 44 S. Diss. Techn. Hochschule Berlin 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

H. Pitschel. Der Druckeinfluß auf die Löslichkeit im Wasser. 68 S. Leipzig 1916.

Max Volmer. Die lichtelektrische Ionisierung von Lösungen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 186—189, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

R. T. A. Mees. Thermodynamica van het Clark-Normaalelement. 93 S. Diss. Utrecht 1916.

L. Lucas. Die Akkumulatoren und galvanischen Elemente. 2. Aufl. 141 S. mit 92 Abb. Leipzig, Dr. M. Jänecke, 1917. (Preis geb. 6 ℳ.) *

Albert Neuburger. Kinematographische Aufnahme elektrolytischer Vorgänge. Prometheus **28**, 324—327, 1917.

Janzen. Das elektrolytische Verfahren zur Verhütung der Zerfressungen von Metallen. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 140—143, 1917.

4. Photochemie.

J. M. Eder. Der Einfluß der Vorbelichtung auf die Wiedergabe schwacher Lichteindrücke auf der photographischen Platte. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 219—224, 1917. *

5. Thermochemie.

L. Ubbelohde und E. Koelliker. Zur Kenntnis des Innenkegels der Bunsenflamme. Journ. f. Gasbel. **59**, 49—57, 65—69, 81—86, 98—104, 1916.

L. Pusch. Über die Zeitreaktion bei der Neutralisation der Kohlensäure und die wahre Dissoziationskonstante der Kohlensäure. 37 S. Berlin 1916.

G. D. Roos. Über die Schmelzwärme und die Bildungswärme von Metallverbindungen und über das Zustandsdiagramm von Hg-Tl-Legierungen. 48 S. Göttingen 1916.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

A. Johnsen. Die Anordnung der Atome in Kristallen. (Bericht.) Jahrb. d. Radioakt. **14**, 52—129, 1917.

Digitized by Google

V. Goldschmidt. Atlas der Kristallformen. (Etwa 6 Bände.) Bd. III. 2 Teile (Tafeln und Text), 247 Tafeln und 240 S. Text. Heidelberg 1916. (Preis 48 ℳ, in Halbpergamentband 64 ℳ.) *

S. Riedel. Kristallographisch-optische Untersuchungen an Betaïn und Alloxan nebst ihren Derivaten und Guajol. 48 S. Breslau 1916.

G. D. Roos. Über die Schmelzwärme und die Bildungswärme von Metallverbindungen und über das Zustandsdiagramm von Hg-Tl-Legierungen. 48 S. Göttingen 1916.

Alfons Leon. Materialeigenschaften und Materialstruktur, (Sammelreferat.) Mitt. k. k. techn. Versuchsamt Wien **6**, 62—66, 1917.

W. Müller. Der Einfluß des Herstellungsverfahrens und der Walzrichtung auf die Eigenschaften verschieden stark gewalzter Kupferbleche. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 65—67, 1917.

Reinhold Rieke. Die Arbeitsmethoden der Silikatchemie. VI u. 100 S. Braunschweig, Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, 1917. (Sammlung Vieweg. Heft 37.) (Preis 3,60 ℳ.) *

M. Rózsa. Die Entstehung der Zechsteinsalzlager aus chemisch-geologischen Gesichtspunkten. S.-A. Zentralbl. f. Min. 1917, S. 35—41.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

J. Franken. Über die Berührungselektrizität fester Dielektrika gegen leitende und nichtleitende Flüssigkeiten. 44 S. Göttingen 1916.

3. Elektrostatik.

4. Maße und Meßinstrumente.

J. Schmidt. Elektrizitätszähler, Zähler-Prüfung und Zähler-Eicheinrichtungen. Teil I. 212 S. mit 220 Abb. u. 2 Tafeln. Berlin 1917. *

J. Schmidt. Amperestunden-Zähler für Gleich- und Wechselstrom. Helios **23**, 137—142, 1917.

5. Apparate.

W. Wolf. Neuere Hochspannungssicherungen. (Schluß.) Helios **23**, 142—144, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

G. Borelius. Eine Methode für kombinierte Messung von Peltierwärme und Wärmeleitfähigkeit. Ann. d. Phys. (4) **52**, 398—414, 1917.

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

Digitized by Google

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Augusto Righi. Sulla fase iniziale della scarica in campo magnetico. Cim. (6) **12**, 5—36, 1916.

E. Wilckens. Über Wanderungsgeschwindigkeit von positiven Trägern und Elektronen in der Flamme. 62 S. Heidelberg 1916.

O. H. Richardson. The Emission of Electricity from Hot Bodies. VII u. 304 S. London, Longmans, Green and Co., 1916. (Preis 9 s.) *

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

C. v. Kühne. Theorie der Streuung positiver Strahlen bei ihrem Durchgang durch Gase. 58 S. Freiburg 1915.

N. Akesson. Über die Geschwindigkeitsverluste bei den langsamen Kathodenstrahlen und über deren selektive Absorption. Lund Årsskr. 1916. IV u. 46 S.

Stefan Meyer und **Egon R. v. Schweidler.** Radioaktivität. Mit 87 Abbild. im Text. XI u. 542 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1916. (Preis 22,50 ℳ, geb. 24 ℳ.) *

Giulio Cesare Trabacchi. Gli elementi elettrici da cui dipende la produzione dei raggi X. Cim. (6) **12**, 85—96, 1916.

F. Volz. Über sekundäre Wirkungen der Röntgenstrahlen. Berichtigung. Phys. ZS. **18**, 185—186, 1917.

Th. Christen. Zur Beurteilung der neuen Leuchtschirme. Phys. ZS. **18**, 186—187, 1917.

Lüppo-Cramer. Die Eigenart der Röntgenstrahlenwirkung auf das Bromsilber. ZS. f. wiss. Photogr. **15**, 313—316, 1916.

P. Ludewig. Wege röntgentechnischer Entwickelung. Prometheus **28**, 369—372, 388—391, 1917.

P. Leitinger. Heutige Anschauungen und Fortschritte in der Physik der Röntgenstrahlen. 17 S. Graz 1916.

P. Ludewig. Probleme der Röntgentechnik. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 31—35, 52—55, 72—75, 1917.

P. Ludewig. Neue Röntgenröhren. Schweiz. Elektr. ZS. 1917, Nr. 1—3. [ZS. f. Feinmech. **25**, 87—88, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

L. Lombardi. Sull' impiego del ferro nella costruzione delle spirali di autoinduzione. Con una Nota intorno al comportamento magnetico del ferro nei campi di alta frequenza. Cim. (6) **12**, 37—84, 1916.

M. Alder. Die magnetischen Eigenschaften der Nickel-Kupfer-Legierungen. 74 S. Zürich 1916.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

Benjamin Liebowitz. Die Pupinsche Theorie der asymmetrischen Rotoren in Gleichstromfeldern mit Anwendung auf die Goldschmidtsche Hochfrequenzmaschine. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 415—448, 1917.

Digitized by Google

Augusto Righi. Sulla fase iniziale della scarica in campo magnetico. Cim. (6) **12**, 5—36, 1916.

L. Lombardi. Sull' impiego del ferro nella costruzione delle spirali di autoinduzione. Con una Nota intorno al comportamento magnetico del ferro nei campi di alta frequenza. Cim. (6) **12**, 37—84, 1916.

O. Böhm. Rechnerische und experimentelle Untersuchung der Einwirkung von Wanderwellen-Schwingungen auf Transformatorwickelungen. Diss. Techn. Hochschule Darmstadt 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

John M. Miller. Die Wirkung unvollkommener Dielektrika im Felde eines Luftleiters für drahtlose Telegraphie. (The Effect of Imperfect Dielectrics in the Field of a Radiotelegraphic Antenna.) Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 406—414, 1917.

J. A. Fleming. Electric wave telegraphy and telephony. 3. ed. 927 S. London, Longmans, 1916. (Preis 30 s.)

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

Max Volmer. Die lichtelektrische Ionisierung von Lösungen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 186—189, 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

A. Rubinowicz. Die Eigenschwingungen des Bohr-Debyeschen Wasserstoffmoleküls bei Berücksichtigung der Bewegung der Kerne. Phys. ZS. **18**, 187—195, 1917.

H. Froelich. Der Strahlungsdruck als kosmisches Prinzip, Kosmologie und Kosmogenie. Einheitliche mechanische Begründung der sogenannten Naturgesetze durch Zurückführung aller Vorgänge auf Strahlungswirkungen, Nach des Verfassers Tode bearbeitet und mit Anmerkungen herausgegeben von A. Mertens. 244 S. Mit 38 Textfiguren. Bielefeld, Dr. W. Breitenbach, 1917. (Preis 4 ℳ.)

W. St. B. Griffiths and **P. T. Petrie.** Practical Fxperiments in Heat and Light. IV u. 123; VIII u. 112 S. London, Rivingtons, 1916. (Preis 3 s. 6 d.)

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

Fritz Hansen. Von der Farbenphotographie und -kinematographie. Prometheus **28**, 356—359, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

A. Ungerer. Experimentelle Untersuchungen über Braunsche Zerstäubungsgitter. 23 S. Straßburg 1916.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Digitized by Google

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

Ludwig Kilchling. Gesetzmäßigkeiten in Bandenspektren. 70 S. Diss. Freiburg i. Br. 1915.

A. Kirschmann. Das umgekehrte Spektrum und seine Komplementärverhältnisse. Phys. ZS. **18**, 195—205, 1917.

Wilhelm Ludwig. Messungen im kurzwelligen Teil des Vanadiumbogenspektrums. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 157—185, 1917.

Adolf Hnatek. Versuche zur Anwendung strenger Selektivfilter bei spektralphotometrischen Untersuchungen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 201—219, 1917.

Arvid Odencrants. Untersuchungen über Intensitäts- und Intermittenzschwächung. (Schluß.) ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 189—200, 1917.

N. A. Halbertsma. Lichttechnische Studien. Mit 115 Abbildungen. 83 S. Leipzig, Verlag von Hachmeister & Thal, 1916.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

Joh. M. Eder. Wilhelm Ostwalds neue Forschungen zur Farbenlehre. Mitt. k. k. techn. Versuchsamt Wien **6**, 19—22, 1917.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

A. Rubinowicz. Die Eigenschwingungen des Bohr-Debyeschen Wasserstoffmoleküls bei Berücksichtigung der Bewegung der Kerne. Phys. ZS. **18**, 187—195, 1917.

W. St. B. Griffiths and **P. T. Petrie.** Practical Experiments in Heat and Light. IV u. 123; VIII u. 112 S. London, Rivingtons, 1916. (Preis 3 s. 6 d.)

2. Kinetische Theorie der Materie.

David Enskog. Kinetische Theorie der Vorgänge in mäßig verdünnten Gasen. I. Allgemeiner Teil. IV u. 160 S. Diss. Uppsala 1917.

E. Poser. Der Diffusionskoeffizient von Argon-Neon und seine Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis. 30 S. mit 2 Tafeln. Halle 1916.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

Karl Scheel. Normalthermometrie. Die Temperaturskale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und ihre Verkörperung. Mitt. k. k. techn. Versuchsamt Wien **6**, 22—34, 1917.

Albrecht. Selbsttätige Temperaturregler für Gasfeuerstätten. Journ. f. Gasbel. **59**, 113—117, 1916.

Digitized by Google

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

E. Nef. Über Verdampfungserscheinungen von Metallen. 58 S. Bern 1916.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

L. Holborn und **M. Jakob.** Die spezifische Wärme c_p der Luft bei 60° und 1 bis 300 at. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 146—147, 1917.

Alois Konrad. Die spezifische Wärme der Gase bei konstantem Volum. 23 S. Ohne Ort 1917. (Graz, Universitäts-Buchdruckerei und Verlagshandlung „Styria" in Komm.)

G. Schweikert. Einfache harmonische Schwingungen der Luft in Röhren und die durch sie erzeugten Staubfiguren. Ann. d. Phys. (4) **52**, 333—397, 1917.

G. D. Roos. Über die Schmelzwärme und die Bildungswärme von Metallverbindungen und über das Zustandsdiagramm von Hg-Tl-Legierungen. 48 S. Göttingen 1916.

7. Wärmeleitung.

G. Borelius. Eine Methode für kombinierte Messung von Peltierwärme und Wärmeleitfähigkeit. Ann. d. Phys. (4) **52**, 398—414, 1917.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Report of the Cape Observatory. Nature **98**, 499, 1917.
The Almanac of the Madrid Observatory. Nature **98**, 438, 1917.
Daylight photography of stars. Nature **98**, 499, 1917.
Spectroscopic resolving Power. Nature **98**, 216, 1916.

1 B. Planeten und Monde.

J. Plassmann, Münster. Das Erdlicht des Mondes. Astr. Nachr. **204**, 74, 1917.
H. E. Lau, Hövsholm. Die periodischen Veränderungen auf dem Mars. Astr. Nachr. **204**, 81—124, 1917.
The Red Spot on Jupiter. Nature **98**, 257, 1916.
Eclipses of Jupiter's Satellites. Nature **98**, 417, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

M. Wolf, Königstuhl. Eigenbewegungssterne. Astr. Nachr. **204**, 75—77, 1917.
Barnard's High Proper Motion Star. Nature **98**, 196, 1916.
K. Schwarzschild. Über das System der Fixsterne. Zweite Auflage. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1916. 8^0. 44 S. (Naturwiss. Vorträge und Schriften, herausgeg. v. d. Berliner Urania, Heft 1.) (Preis 1,20 ℳ.) *
Densities of visual Binary Stars. Nature **98**, 479, 1917.
A. A. Nijland, Utrecht. Beobachtungen von langperiodischen Variablen (1916). Astr. Nachr. **204**, 65—71, 1917.
The radial Velocity of B Ursae Majoris. Nature **98**, 196, 1916.
Peculiar Stellar Spectra. Nature **98**, 417, 1917.
Wolf-Rays Bands in the Nuclei of Nebulae. Nature **98**, 196, 1916.
Internal motion in Spiral Nebulae. Nature **98**, 156, 1916.
Spectrum of the Nebula about ϱ Opiuchi. Nature **98**, 236, 1916.
Investigations of Star Clusters. Nature **98**, 488, 1917.
The Colours of Stars in Globular Clusters. Nature **98**, 257, 1916.

1 D. Die Sonne.

A. Defant. Über Diffusion und Absorption in der Sonnenatmosphäre. Wien. Sitzber. math.-nat. Kl., Abt. IIa **125**, 495—525, 1916.
A great Sun-spot. Nature **98**, 478, 1917.
A. Stentzel, Hamburg. Wiedererscheinen der großen Sonnenfleckengruppe. Astr. Nachr. **204**, 60—61, 1917.
Radial motion in Sun-spots. Nature **98**, 196, 1916.
F. Küstner, Bonn. Sonnenfinsternis 1917, 22. Januar. Astr. Nachr. **204**, 123—124, 1917.

Digitized by Google

C. Liese, Schreufa. Die partielle Sonnenfinsternis am 23. Januar d. J. Wetter **34**, 81, 1917.
P. Labitzke, Frankfurt a. M. und **Ph. Fauth,** Landstuhl. Sonnenfinsternis vom 22. Januar 1917. Astr. Nachr. **204**, 73—74, 1917.
The Total Solar Eclipse of 1916, February 3. Nature **98**, 418, 1917.
The Solar Apex determined by means of Binary Stars. Nature **98**, 236, 1916.
Ultra-violet Radiation from the sun. Nature **98**, 177, 1916.

1 E. Kometen.

Encke's Comet. Nature **98**, 156, 1916.

1 F. Meteore und Meteoriten.

The Leonids of 1916. Nature **98**, 236, 1916.
The Orionids Shower of 1916. Nature **98**, 177, 1916.
The Meteoric Shower from Biela's Comet. Nature, **98**, 257, 1916.
The Fireball of October 20. Nature **98**, 177, 1916.
Two large Fireballs. Nature **98**, 156, 1916.
Josef Sedláček, Neuschloß. Beobachtungen von Meteoren 1916. Astr. Nachr. **204**, 78—80, 1916.
Dr. **O. C. Farrington.** Meteorites: their Structure, Composition and Terrestrial Relations. (Chicago; Published by the Author 1915.) (Price 8 s 6 d.) Ref.: Nature **98**, 145—146, 1916.
The Lake Okechobee Meteorite. Nature **98**, 455, 1917.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Sir Napier Shaw. Professor Henrik Mohn. Nature **98**, 211, 1916.
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Alexander Supan, dem langjährigen Herausgeber von Petermanns Geogr. Mitteilungen zum 70. Geburtstag. Peterm. Mitt. **63**, Lb., 9, 1917.
H. Becker. Die Enträtselung des Wettergeheimnisses, eine vollendete Tatsache. Zwei Teile. Worms, L. Th. Bros 1916. 8°. 47 u. 24 S. (Preis 2,70 ℳ.)
Winterkälte und Tierleben. Prometheus **28**, 464, 1917.
Eine Naturerscheinung im Jahre 1716. Wetter **34**, 84, 1917.
Meteorology in war. Nature **98**, 216—217, 1916.
Dr. **Charles Davison.** Sound-areas of Great Explosions. Nature **98**, 438—439, 1917.
C. Liese, Schreufa b. Frankenberg i. H. Kanonendonner im Westen. Wetter **34**, 80, 1917.
Henryk Arctowski. Sur une corrélation entre les orages magnétiques et la pluie. C. R. **164**, 227—229, 1917.
George Abbott. Forms of Weathering in Magnesian Limestone. Nature **98**, 447, 1917.
Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentral-Anstalt 1915. „Der Schweizerischen meteorologischen Zentral-Anstalt Beobachtungen". 52. Jahrgang. Zürich.
Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1915. Baden. Bearbeitet von Prof. Dr. Ch. Schultheiß. Karlsruhe 1916. 4°. 98 S., 1 Karte, 2 Tafeln. S.-A. des II. Teiles des Jahresber. d. Zentralbureaus f. Met. u. Hydrogr. 1915.

Digitized by Google

Maandelijksche Overzicht der Weergesteldheid in Nederland. 1916. Met een Jaaroverzicht. (Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut No. 94.) Utrecht, Kemink & Zoon, 1917. 4°. 14 Blatt.

Jaarsverslag 1915. Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia. Batavia 1916. 8°. 32 S.

Otto Meißner, Potsdam. Bemerkenswerte Witterungsereignisse der letzten Jahre (1908—1914). Schluß aus Heft 11 (1916). Wetter **34**, 81—84, 1917.

The American Association for the Advancement of Science. Nature **98**, 448—450, 1917.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Franz Linke. Die meteorologische Ausbildung des Fliegers. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1917. 8°. 3 Blatt, 92 S., 1 Tafel. (Preis 3 ℳ.)

W. van Bemmelen. Results of registering balloon-ascents at Batavia. (Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia. Verhandelingen No. 4.) Batavia 1916. 8°. 2 Bl., LVII, 1 Bl., 109 S.

2 A_3. Luftfahrt und Flugwesen.

Prof. **D'Arcy W. Thompson.** Stability in flight. Nature **98**, 409, 1917.

Rt. Hon. Sir. **Herbert Maxwell Bart,** Prof. **D'Arcy W. Thompson.** Stability in flight. Nature **98**, 490—491, 1917.

Ingenieur **C. Walter Vogelsang.** Etwas vom Riesenflugzeug. Prometheus **28**, 406—409, 1917.

Prof. **G. H. Bryan.** Aeronautical Theories. Nature **98**, 465—467, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

2 C_1. Lufttemperatur.

C. Liese, Lehrer. Anhaltende Kälte im Januar 1917. Wetter **34**, 81, 1917.

2 C_2. Strahlung.

2 D. Luftdruck.

2 E. Winde und Stürme.

E. Barkow. Windänderung mit der Höhe und Turbulenz. Berlin 1917. 8°. 6 S. S.-A. Ann. d. Hydr. **45**, Heft 1, 1917.

2 F. Wasserdampf.

F. A. Carpenter. Clouds of California. Second edition. Fort Leavenworth 1916. 8°. 18 S.

2 G. Niederschläge.

Wilh. R. Eckardt. Über die Ursachen der jahreszeitlichen Regenfälle im Mittelmeergebiet, besonders in den östlichen Mittelmeerländern. (Schluß.) ZS. f. Balneol. **9**, 140—146, 1917.

Stöhr, Leitmeritz. Wolkenbruchartiger Regenfall. Wetter **34**, 80—81, 1917.

Dr. **H. R. Mill** and **Carle Salter.** British Rainfall. The fifty-fifth annual volume. Pp. 288. (London: Eduard Stanford, Ltd., 1916.) Price 10 sh. Ref.: Nature **98**, 168, 1916.

Digitized by Google

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Giovanni Platania, Professor. A peculiar Thunderclap. Nature **98**, 209, 1916.

2 I. Meteorologische Optik.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

2 M. Praktische Meteorologie.

2 N. Kosmische Meteorologie.

W. Knoche und **J. Laub.** Meteorologische und luftelektrische Messungen während der totalen Sonnenfinsternis am 10. Oktober 1912 auf der Facenda Boã Vista bei Christina (Prov. Minas Geraes, Brasilien). I. Meteorologische Beobachtungen. Terr. Magn. **21**, 117—144, 1916.

S. Chapman. The effect of lunar distance on the magnetic declination at Zi-Ka-Wei. Terr. Magn. **21**, 151—152, 1916.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

Klimatologie und Kurort-Hygiene 1917. ZS. f. Balneol. **9**, Nr. 19/20, 1917.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Prof. Dr. **K. Andrée.** Alfred Wegeners Hypothese von der Horizontalverschiebung der Kontinentalschollen und das Permanenzproblem im Lichte der Paläogeographie und dynamischen Geologie. Peterm. Mitt. **63**, 50—54, 1917.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmung).

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

Prof. **A. Riccò.** Optical Deterioration of the Atmosphere and Volcanic Eruptions. Nature **98**, 190, 1916.

3 F. Erdbeben.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

H. Morize. Results of geographical and magnetic survey of the southern part of Brazil. Terr. Magn. **21**, 147—149, 1916.

Digitized by Google

C. van Dijk. Magnetic observations at De Bilt relating to the solar eclipse of August 21, 1914. Terr. Magn. **21**, 145—146, 1916.

J. P. Ault. Magnetic declinations and chart corrections observed on the Carnegie from Lyttleton, New Zealand, to South Georgia, and thence to Lyttleton and Pago, Pago, December 1915—June 1916. Terr. Magn. **21**, 109—116, 1916.

Aurora Borealis. Nature **98**, 397, 1917.

Rev. A. L. Cortie. The Aurora, Magnetic Storm, and Sunspot of January 4. Nature **98**, 446, 1917.

C. Störmer, Christiania. Das Nordlicht am 15. Februar 1917. Astr. Nachr. **204**, 75—76, 1917.

Nordlichtbeobachtungen auf den Sudetenbergen (24. Nov. 1916). Astr. ZS. **11**, 30, 1917.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

G. Götzinger. Neuere Ergebnisse österreichischer Alpenseeforschung. Wien, W. Braumüller & Sohn, 1916. 8^0. 19 S. (Vorträge d. Ver. z. Verbreit. naturwiss. Kenntnisse Wien **56**, Heft 4.) (Preis 0,60 ℳ.)

E. Brückner. Einige Ergebnisse der österreichischen Adriaforschung. Wien, W. Braumüller & Sohn, 1916. 8^0. 27 S. (Vorträge d. Ver. z. Verbreit. naturwiss. Kenntnisse Wien **56**, Heft 15.) (Preis 0,80 ℳ.)

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Dr. Griffith Taylor. Glacial Nomenclature and Scott's Antarctic Expedition. Nature **98**, 149—150, 1916.

Prof. P. G. Bonney. Changes in the Rhône Glacier. Nature **98**, 430, 1917.

J. H. Coste. „Frost Thistles". Nature **98**, 470, 1917.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. 30. Juni 1917. Nr. 12.

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 12 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 30. Mai bis 5. Juni 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

W. Müller. Technische Tabellen und Formeln. 148 S. mit 106 Abbildungen. Berlin und Leipzig, G. J. Göschen, 1917 (Sammlung Göschen, Nr. 579). (Preis geb. 1 ℳ.) *

F. Förster. Walter Hempel. Chem. Ber. **49**, 2839—2841, 1916.

A. Klughardt. Die Grundgesetze der Optik bei Leonardo da Vinci. D. Opt. Wochenschr. 1917, 215—217.

M. v. Rohr. Nachtrag zur Geschichte des optischen Glases. D. Opt. Wochenschr. 1917, 207—209.

von Rohr. Zur Entwicklung des holländischen Fernrohrs. (Fortsetzung.) ZS. f. Instrkde. **37**, 85—91, 1917.

Alfred Schmidt. Die Cölner Präzisionsmechanik im verflossenen Jahrhundert. D. Mech.-Ztg. 1917, 67—69.

Bruno Dlabal. Kassels Anteil an der optischen und mechanischen Industrie. D. Opt. Wochenschr. 1917, 195—199.

Eilhard Wiedemann. Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. XLVIII. Über die Wage des Wechselns von al Châzini und über die Lehre von den Proportionen nach al Bîrunî. S.-A. Erlanger Ber. **48**, 1—15, 1916; XLIX. Unter Mitwirkung von Adolf Grohmann. Über von den Arabern benutzte Drogen. Ebenda, S. 16—60; L. Beschreibung von Schlangen bei Jbn Quaff. Ebenda, S. 61—64; LI. Über den Abschnitt über die Pflanzen bei Nuwairî. Ebenda, S. 151—176; LII. Über den Zucker bei den Muslimen. Ebenda, S. 177—185.

Digitized by Google

E. Wiedemann und **J. Würschmidt.** Über eine arabische kegelförmige Sonnenuhr. S.-A. Arch. f. d. Gesch. d. Naturw. u. d. Techn. **7**, 359—376, 1916.

E. Wiedemann. Die Naturwissenschaften bei den orientalischen Völkern. 10 S.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1916. (Fortsetzung.) ZS. f. Instrkde. **37**, 91—103, 1917.

Aloys Müller. Die Fiktion in der Mathematik und der Physik. Die Naturwissenschaften **5**, 341—347, 362—366, 1917.

Eugen Brodhun. Die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft. Die Naturwissenschaften **5**, 357—362, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

A. Luck. Die physikalischen Schülerübungen an den humanistischen Gymnasien, insbesondere am K. Luitpold-Gymnasium in München. 52 S. München 1916.

3. Maß und Messen.

W. Porstmann. Normenlehre. Grundlagen, Reform und Organisation der Maß- und Normensysteme. 256 S. mit 28 Abb. Leipzig, A. Haase, 1917. (Preis 6 ℳ, geb. 7 ℳ.)

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Ferdinand Wittenbauer. Aufgaben aus der Technischen Mechanik. 3. Band. Flüssigkeiten und Gase. 2. Aufl. 374 S. mit 396 Abb. Berlin, J. Springer, 1917. (Preis 9 ℳ, geb. 10,20 ℳ.)

Max Planck. Über einen Satz der statistischen Dynamik und seine Erweiterung in der Quantentheorie. Berl. Ber. 1917, 324—341.

A. Einstein. Zum Quantensatz von Sommerfeld und Epstein. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 82—92, 1917.

Anton Wassmuth. Zur Struktur des Phasenraumes. Wien. Anz. 1917, 111—112.

Edouard Guillaume. Les bases de la physique moderne. (Suite et fin.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 185—198, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

C. V. Raman and **Ashutosh Dey.** On Discontinuous Wave-Motion. Part III. Phil. Mag. (6) **33**, 352—357, 1917.

M. Rudeloff. Zum Einfluß der Stabform auf die Ergebnisse der Zugversuche mit Metallen. Mitt. Materialprüfungsamt **34**, 206—257, 1916.

Rudolf Richter. Über den Einfluß einer vorangegangenen Erwärmung von Drähten aus Sparmetallen und Kupfer auf Biegungsarbeit, Biegungszahl und Zerreißfestigkeit. Elektrot. ZS. **38**, 293—296, 1917.

6. Hydromechanik.

D. Thoma. Gleichgewichtsbedingungen für Flüssigkeitsströmungen in geraden Leitungen, ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 395—397, 1917.

Digitized by Google

R. v. Mises. Berechnung von Ausfluß- und Überfallzahlen. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 447—452, 1917.

Arnold Peter. Das stabile Schwimmen mathematischer Körper. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 158—166, 1916.

7. Kapillarität.

J. Frenkel. On the Surface Electric Double-Layer of Solids and Liquid Bodies. Phil. Mag. (6) **33**, 297—322, 1917.

8. Aeromechanik.

C. Cranz. Lehrbuch der Ballistik. Erster Band. Äußere Ballistik oder Theorie der Bewegung des Geschosses von der Mündung der Waffe ab bis zum Eindringen in das Ziel. In 2. Aufl. herausgegeben von C. Cranz, unter Mitwirkung von K. Becker. Gleichzeitig dritte und vollständig umgearbeitete Auflage des „Compendiums der theoretischen äußeren Ballistik" von 1896. Mit 184 Figuren im Text und 4 Lichtdrucktafeln. XVI und 528 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1917. (Preis 19 ℳ, geb. 20 ℳ.)

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

C. V. Raman and Ashutosh Dey. On Discontinuous Wave-Motion. Part III. Phil. Mag. (6) **33**, 352—357, 1917.

2. Physiologische Akustik.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Rudolf Vondráček. Numerische Beziehungen der Atomgewichte. Chemické listy, Prag **11**, 33—37, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 840.

C. Schmidt. Das periodische System der chemischen Elemente. VIII und 143 S. mit 32 Abbildungen und Tabellen. Leipzig, Verlag von Joh. Ambr. Barth, 1917. (Preis 6 ℳ, geb. 7,50 ℳ.)

F. Wenzel. Die Valenzen des Stickstoffs. Wien. Anz. 1917, 115—116.

F. Mylius. Normierte Metalle. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 152—153, 1917.

Otto Diels. Zur Kenntnis des Kohlensuboxyds. Chem. Ber. **50**, 753—755, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

A. Schidlof. La volatilisation en présence d'un gaz et les propiétés des couches d'adsorption à la surface des liquides. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 217—244, 1917.

R. Zsigmondy. Über Koagulation. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 148—152, 1917.

Digitized by Google

F. A. H. Schreinemakers. In-, mono- and divariant equilibria. XIV. Proc. Amsterdam **19**, 927—932, 1917.

B. Bruhn. Experimentelle Untersuchung über die Dampfspannungen bei 0^0 C der wässerigen Lösungen von Schwefelsäure und Sulfaten. 25 S. Kiel 1916.

Z. Karaoglanow. Einige Eigenschaften des Baryumsulfats. ZS. f. analyt. Chem. **56**, 225—246, 1917.

Wolfgang Pauli. Die physikalisch-chemische Analyse des Eisenoxydsols, ein Beitrag zur allgemeinen Kolloidchemie. Wien. Anz. 1917, 156—158.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

F. Kohlrausch und **L. Holborn.** Das Leitvermögen der Elektrolyte, insbesondere der wässerigen Lösungen. Methoden, Resultate und chemische Anwendungen. 2. Aufl. Mit in den Text gedruckten Figuren und einer Tafel. XV u. 237 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1916. (Preis 8,75 ℳ.)

Robert Kremann und **Hermann Breymesser.** Zur elektrolytischen Abscheidung von Legierungen und deren metallographische und mechanische Untersuchung. VIII. Mitteilung. Über die bei gewöhnlicher Temperatur unter höheren Wasserstoffdrucken erhaltenen kathodischen Abscheidungen von Eisen und Eisennickellegierungen. Wien. Anz. 1917, 153—154.

J. Frenkel. On the Surface Electric Double-Layer of Solid and Liquid Bodies. Phil. Mag. (6) **33**, 297—322, 1917.

4. Photochemie.

Alfred Benrath. Photochemische Reaktionen von Verbindungen seltener Elemente. II. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 253—261, 1917.

Arvid Odencrants. Was muß man von einer Theorie des latenten Bildes wissen? ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 261—268, 1917.

R. Formhals. Beitrag zur Erklärung der Entstehung des latenten Bildes bei der Belichtung der photographischen Bromsilberplatte. Chem.-Ztg. **40**, 1001, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 841.

5. Thermochemie.

L. Ubbelohde und **R. Anwandter.** Zur Kenntnis der Bunsenflamme im Unterdruck. Journ. f. Gasbel. **60**, 225—232, 242—246, 1917.

K. Elbs. Beispiel für umkehrbare Reaktion und Komplexsalzbildung. 23. Hauptversammlung D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 147—148, 1917.

F. Foerster. Die Umwandlung von Hypochlorit in Chlorat in alkalischer Lösung. (Nach Versuchen von P. Dolch.) 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 137—147, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

J. Olie Jr. and **A. J. Bijl.** Röntgen-investigation of allotropic forms. Proc. Amsterdam **19**, 920—922, 1917.

Digitized by Google

J. Czochralski. Veränderung der Korngröße und der Korngliederung in Metallen. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 345—351, 1917.

C. Paal. Über kolloidale Metalle der Platingruppe. IV. Über kolloidales Iridium. Chem. Ber. **50**, 722—737, 1917.

O. Bauer und O. Vogel. Metallographische Untersuchung vorgeschichtlicher Bronzefundstücke. Mitt. Materialprüfungsamt **34**, 291—296, 1916.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

A. Schidlof. La volatilisation en présence d'un gaz et les propriétés des couches d'adsorption à la surface des liquides. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 217—244, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 8.)

J. Frenkel. On the Surface Electric Double-Layer of Solids and Liquid Bodies. Phil. Mag. (6) **33**, 297—322, 1917.

3. Elektrostatik.

4. Maße und Meßinstrumente.

Chr. Ries. Die Messung der Röntgenstrahlen und das Intensimeter von Fürstenau. ZS. f. Feinmech. **25**, 91—96, 1917.

5. Apparate.

L. Kolowrat. On an Automatic Device for charging Electroscopes. Phil. Mag. (6) **33**, 358—359, 1917.

Röntgenröhren als Oszillographen. Helios **23**, Nr. 5, 1917. [Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 244, 1917.

Julius Bing. Die Lasthebemagnete. Elektrot. ZS. **38**, 291, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

A. Lang. Die Erwärmung der Wicklungen elektrischer Maschinen aus Ersatzmetallen. (Schluß.) Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 232—234, 1917.

F. N. Über zusätzliche Stromwärme durch Stromverdrängung in Nutenwicklungen mit unterteilten Leitern. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 241—242, 1917.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

Digitized by Google

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

J. Stark. Bericht über die Träger der Spektren der chemischen Elemente. Jahrb. d. Radioakt. **14**, 139—247, 1917.

Friedrich Dessauer. Über die Coolidge-Röhre, ihre Eigenschaften und ihren Betrieb. D. Opt. Wochenschr. 1917, 211.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

Stefan Meyer und **Egon R. v. Schweidler.** Radioaktivität. Mit 87 Abbildungen im Text. XI u. 541 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1916. (Naturwissenschaft und Technik in Lehre und Forschung. Eine Sammlung von Lehr- und Handbüchern, herausgegeben von K. T. Fischer.) (Preis 22,50 ℳ.)

K. W. F. Kohlrausch. Die Absorption der γ-Strahlen von Radium. I. Teil. (Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 97.) Wien. Anz. 1917, 110.

K. W. Fritz Kohlrausch. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 98. Die Absorption der γ-Strahlen von Radium. (2. Teil.) Wien. Anz. 1917, 154—155.

K. W. Fritz Kohlrausch. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 99. Über die harte Sekundärstrahlung der γ-Strahlen von Radium. Wien. Anz. 1917, 155—156.

C. Schmidt. Das periodische System der chemischen Elemente. VIII u. 143 S. mit 32 Abbildungen und Tabellen. Leipzig, Verlag von Joh. Ambr. Barth, 1917. (Preis 6 ℳ, geb. 7,50 ℳ.)

G. C. Trabacchi. Sull' impiego radiografico del cronometro di Benoist per la misura del potere penetrante dei raggi X. Cim. (6) **12**, 130—132, 1916

Nella Mortara. La caratteristica dinamica dei tubi per raggi X. Cim. (6) **12**, 133—143, 1916.

J. Olie Jr. and **A. J. Bijl.** Röntgen-investigation of allotropic forms. Proc. Amsterdam **19**, 920—922, 1917.

Chr. Ries. Die Messung der Röntgenstrahlen und das Intensimeter von Fürstenau. ZS. f. Feinmech. **25**, 91—96, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

J. R. Ashworth. Magnetic Hysteresis treated according to Van der Waals's Equation and the Kinetic Theory. Phil. Mag. (6) **33**, 334—352, 1917.

P. Weiss, A. Piccard et **A. Carrard.** Calorimétrie des substances ferromagnétiques. (Suite et fin.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 199—216, 1917.

Marie Jacobsohn. Die Magnetisierungskoeffizienten der Kupferlösungen im Lichte der Magnetontheorie. Diss. Zürich 1916.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

E. Taylor Jones. The Secondary Potential of an Induction-Coil at „make". Phil. Mag. (6) **33**, 322—334, 1917.

Otto Böhm. Rechnerische und experimentelle Untersuchung der Einwirkung von Wanderwellen-Schwingungen auf Transformator-Wicklungen. 58 S. Diss. Techn. Hochsch. Darmstadt 1917.

Digitized by Google

August Maior. Über das Einschalten langer Leitungen mit Wechselstrom. Elektrot. ZS. **38**, 279—282, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

Max Planck. Über einen Satz der statistischen Dynamik und seine Erweiterung in der Quantentheorie. Berl. Ber. 1917, 324—341.

A. Einstein. Zum Quantensatz von Sommerfeld und Epstein. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 82—92, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

O. Mente. Die Spiegelreflexkamera. D. Opt. Wochenschr. 1917, Nr. 18 und S. 203—204.

H. Günther. Das Mikroskop und seine Nebenapparate. 94 S. Stuttgart 1917. (Preis 1,80 ℳ.)

H. Enghoff. Mikroskopet och mikroskopisk Teknik. 63 S. Lund 1917.

von Rohr. Zur Entwicklung des holländischen Fernrohrs. (Fortsetzung.) ZS. f. Instrkde. **37**, 85—91, 1917.

H. Lehmann. Das Tautoskop. D. Opt. Wochenschr. 1917, 205—207.

Herbert E. Ives. A Polarization Flicker Photometer and some Data of Theoretical Bearing obtained with it. Phil. Mag. (6) **33**, 360—380, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

Robert E. Baynes. Note on Prof. Anderson's „Focometry of Lens-Combinations". Phil. Mag. (6) **33**, 357—358, 1917.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

J. Stark. Bericht über die Träger der Spektren der chemischen Elemente. Jahrb. d. Radioakt. **14**, 139—247, 1917.

Sophie Hoeltzenbein. Messungen im Bogenspektrum des Eisens zwecks Bestimmungen tertiärer Normalen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 225—253, 1917.

Josef Maria Eder. Das Bogenspektrum des Gadoliniums. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 1467—1535, 1917.

J. Teichmüller. Kritische Betrachtungen über die Grundlagen der photometrischen Begriffe und Größen. Elektrot. ZS. **38**, 296—299, 1917.

Digitized by Google

Herbert E. Ives. A Polarization Flicker Photometer and some Data of Theoretical Bearing obtained with it. Phil. Mag. (6) **33**, 360—380, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

E. Rothé. Cours de Physique professé à la Faculté des Sciences de Nancy. 3 Bände. Zweiter Band. Thermodynamique. Paris 1917.

L. Selme. Principe de Carnot contre formule empirique de Clausius; essai sur la Thermodynamique. Paris 1917.

2. Kinetische Theorie der Materie.

W. H. Keesom. The second virial coefficient for rigid spherical molecules, whose mutual attraction is equivalent to that of a quadruplet placed at their centre. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 39 to Nos. 145—156, 3 — 16, 1916.

W. H. Keesom. Two theorems concerning the second virial coefficient for rigid spherical molecules which besides collisional forces only exert Coulomb-forces and for which the total charge of the active agent is zero. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 39 to Nos. 145—156, 19—23, 1916.

W. K. Keesom and Miss **C. van Leeuwen.** On the second virial coefficient for rigid spherical molecules carrying quadruplets. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 39 to Nos. 145—156, 27—30, 1916.

Max Planck. Über einen Satz der statistischen Dynamik und seine Erweiterung in der Quantentheorie. Berl. Ber. 1917, 324—341.

J. R. Ashworth. Magnetic Hysteresis treated according to Van der Waals's Equation and the Kinetic Theory. Phil. Mag. (6) **33**, 334—352, 1917.

A. Schidlof. La volatilisation en présence d'un gaz et les propriétés des couches d'adsorption à la surface des liquides. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 217—244, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

W. H. Keesom. The second virial coefficient for rigid spherical molecules, whose mutual attraction is equivalent to that of a quadruplet placed at their centre. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 39 to Nos. 145—156, 3—16, 1916.

Digitized by Google

W. H. Keesom. Two theorems concerning the second virial coefficient for rigid spherical molecules which besides collisional forces only exert Coulomb-forces and for which the total charge of the active agent is zero. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 39 to Nos. 145—156, 19—23, 1916.

W. H. Keesom and Miss **C. van Leeuwen.** On the second virial coefficient for rigid spherical molecules carrying quadruplets. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 39 to Nos. 145—156, 27—30, 1916.

G. Holst. On the equation of state of water and of ammonia. Proc. Amsterdam **19**, 932—937, 1917.

J. R. Ashworth. Magnetic Hysteresis treated according to Van der Waals's Equation and the Kinetic Theory. Phil. Mag. (6) **33**, 334—352, 1917.

M. La Rosa. Intorno alla pretesa fusione del carbonio ottenuta da O. Lummer Osservazioni critiche e nuove esperienze. Cim. (6) **12**, 97—109, 1916.

Alberto Masini. Sui fattori di condensazione del vapor acqueo nell' atmosfera. Cim. (6) **12**, 110—129, 1916.

F. Emich. Über Siedepunktsbestimmung im Kapillarröhrchen. Wien. Anz. 1917, 115.

B. Bruhn. Experimentelle Untersuchung über die Dampfspannungen bei 0^0 C der wässerigen Lösungen von Schwefelsäure und Sulfaten. 25 S. Kiel 1916.

A. Schidlof. La volatilisation en présence d'un gaz et les propriétés des couches d'adsorption à la surface des liquides. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 217—244, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

P. Weiss, A. Piccard et **A. Carrard.** Calorimétrie des substances ferromagnétiques. (Suite et fin.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 199—216, 1917.

W. Dehlinger. Über spezifische Wärme zweiatomiger Kristalle. 30 S. München 1917.

7. Wärmeleitung.

R. Poensgen. Über die Wärmeübertragung von strömendem überhitztem Wasserdampf an Rohrwandungen und von Heizgasen an Wasserdampf. Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ingenieurw. 191/192, 1917.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

The Structure of the Red Lithium Line. Nature **98**, 299, 1916.
Determination of Star Colours. Nature **99**, 16, 1917.

1 B. Planeten und Monde.

Clouds on Mars. Nature **98**, 397, 1917.
The Search of a Transneptunian Planet. Nature **98**, 277, 1916.

1 C. Fixsterne und Nebelflecke.

Rotation and Radial Velocity of N. G. C. 4594. Nature **98**, 358, 1917.
The Cepheid Variables. Nature **98**, 397, 1917.

1 D. Die Sonne.

Solar Prominences in 1916. Nature **98**, 277, 1916.
J. Guillaume. Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le quatrième trimestre de 1916. C. R. **164**, 398—400, 1917.

1 E. Kometen.

A New Comet. Nature **98**, 277, 1916.

1 F. Meteore und Meteoriten.

Large Meteor on January 4. Nature **98**, 379, 1917.

1 G. Zodiakallicht.

The Cookeville Meteorite. Nature **98**, 358, 1917.
The Zodiacallight. Nature **98**, 277, 1916.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Richard Assmann. Nachruf für Professor Dr. Louis Grossmann. Wetter **34**, 49—50, 1917.
R. Süring. Nachruf auf Cleveland Abbe. Met. ZS. **34**, 129—130, 1917.
A. W. Greely. Cleveland Abbe. Science **44**, 703—704, 1916.
R. Rainow, Jambol (Bulgarien). Staiko D. Staikoff †. Met. ZS. **34**, 130—131, 1917.

Digitized by Google

H. G. L. Meteorology for General Readers. Nature **98**, 286, 1916.
Prof. **G. H. Bryan,** Sir **Napier Shaw.** Meteorology and Wheat Shortage. Nature **98**, 369—370, 1917.
J. v. Hann. Alexander v. Humboldt über die Gründung eines meteorologischen Beobachtungsnetzes in Bayern. Met. ZS. **34**, 139—140, 1917.
V. Laska. Der Variationsindex und die Glättung. Met. ZS. **34**, 122—129, 1917.
Wilhelm Schmidt. Der Variationsindex und die Glättung. Met. ZS. **34**, 131—132, 1917.
Die Beziehungen zwischen Bodenfeuchtigkeit, Pflanzenentwickelung und Nährstoffaufnahme, Prometheus **28**, 447, 1917.
Oberlehrer **Molly** in Recklinghausen. Ein Modell einer Wasserhose im Schulhof. Wetter **34**, 76, 1917.
A. Schmauß. Das Summen der Telegraphendrähte. Wetter **34**, 73—74, 1917.
Wilhelm Schmidt. Äußere Hörbarkeitszone und Wasserstoffsphäre. Met. ZS. **34**, 134—136, 1917.
C. Liese in Schreufa bei Frankenberg i. H. Der Kanonendonner von Verdun war am 13., 14. und 15. Dezember 1916 wieder in unserer Gegend deutlich hörbar. Wetter **34**, 80, 1917.
P. Heidke. Aus den Schutzgebieten der Südsee. Meteorologische Beobachtungen aus Deutsch-Neuguinea einschließlich des Inselgebietes der Karolinen, Palau und Marianen, sowie der Marshall-, Brown- und Providence-Inseln. Teil I. Zusammenstellung der Monatsmittel bis zum Jahre 1913 an 30 Stationen höherer Ordnung und 13 Regenmeßstationen. Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten. **30**, 3—170, 1917.
J. von Hann. Die Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnenwendstein (September (1907 bis August 1908, Semmeringgebiet). Ein Beitrag zur Meteorologie der Berggipfel. Wien. Sitzber., math.-nat. Kl., Abt. IIa, **125**, 41—123, 1916.
Nils Ekholm. Månadsöversikt av Väderleken i Sverige till lantbrukets tjänst utgiven an der Meteorologiske Centralanstaltens Inseende. Aargang **37**, Nr. 2, 1917.
Monatliche Mitteilungen der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Wien, Hohe Warte. Jänner 1917. Wien. Anz. Nr. 6, 61—66, 1917.
Argentine Meteorology. Nature **98**, 337, 1916.
R. C. M. Italian Meteorology. Nature **98**, 401, 1917.
Prof. **G. von Elsner.** Übersicht über die Witterung in Zentraleuropa im Januar 1917. Wetter **34**, 66—67, 1917.

2 A2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Dr. **Franz Ahlgrimm** in Lindenberg. Die Erscheinungen der höheren Luftschichten über Lindenberg im Februar 1917. Wetter **34**, 67—68, 1917.
Die Temperatur der oberen Luftschichten im Februar 1917. Königl. Preuß. Aeronautisches Observatorium Lindenberg und Drachenstation am Bodensee in Friedrichshafen. Kartenbeilage zu Wetter **34**, Nr. 3/4, 1917.
A. Kopfmüller in Friedrichshafen. Die aerologischen Arbeiten der Drachenstation am Bodensee im Februar 1917. Wetter **34**, 68—69, 1917.

2 A3. Luftschiffahrt und Flugwesen.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

Wilhelm Schmidt. Stehende Schwingungen in der Luft. Met. ZS. **34**, 140—141, 1917.

Digitized by Google

2 C_1. Lufttemperatur.

Richard Hennig. Der strenge Winter 1917. Wetter **34**, 76—79, 1917.
Dr. **Franz Ahlgrimm** in Lindenberg. Ein bemerkenswerter Temperatursturz im Winter. Wetter **34**, 71—73, 1917.
Wladislaw Góreczynski i **Stanislawa Kosińska.** Température de l'air en Pologne. Warszawa 1916. 4^0. 2 Bl., 262 S., 28 Karten. S.-A. Pamietnika Fisyograficznego. T. 23. Ref.: H. Henze. Met. ZS. **34**, 142, 1917.
Fritz von Kerner. Temperaturdifferenzen zwischen je 5^0 Länge auf den Breitengraden. Met. ZS. **34**, 137—138, 1917.

2 C_2. Strahlung.

2 D. Luftdruck.

Prof. Dr. **Hornberger** in Hann.-Münden. Der tägliche Barometergang in Hann.-Münden. Wetter **34**, 50—66, 1917.
Hofrat **J. v. Hann.** Untersuchungen über die tägliche Oszillation des Barometers. III. Die dritteltägige (achtstündige) Luftdruckschwankung. Wien. Anz. Nr. 6, S. 55—58, 1917.

2 E. Winde und Stürme.

W. Köppen. Die stärksten Stürme in Hamburg seit 1875. Wetter **34**, 73, 1917.

2 F. Wasserdampf.

W. J. Humphreys. Clouds. Science **44**, 892, 1916.
A. de Quervain. „Ultra-Cirren" am 6. August 1916. Met. ZS. **34**, 132—138, 1917.

2 G. Niederschläge.

Niederschlagsmengen in Zentraleuropa in Millimetern im Januar 1917. Karten-Beilage zu Wetter **34**, Nr. 3/4, 1917.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Capt. **C. J. P. Cave.** Winter Thunderstorms. Nature **98**, 328, 1916.
W. Buchheim und **H. Dember.** Luftelektrische Messungen auf Teneriffa. S.-A. a. d. Ber. d. math.-phys. Kl. d. kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. Leipzig **67**, 1915.

2 I. Meteorologische Optik.

Sir **Napier Shaw.** The Deterioriation of the Atmosphere in the Swiss Alps. Nature **98**, 328, 1916.
Adolf Mayer. Warum erscheint die Sonne größer beim Untergang? Prometheus **28**, 461—463, 1917.
Geh. Reg.-Rat Prof. **Richarz** in Marburg. Über die Farbe des Mondes, Farbenerscheinungen an Wasserfällen und an Wolken. Wetter **34**, 69—71, 1917.
Fr. Noelke. Zur Theorie der Luftspiegelungen. Phys. ZS. **18**, 134—144, 1917.

Digitized by Google

H. Dember und **M. Uibe.** Drei optisch-meteorologische Beobachtungen. S.-A. a. d. Ber. d. math.-phys. Kl. d. kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. Leipzig **68**, 1916.

E. van Everdingen. Dagelijksche en jaarlijksche gang in het voorkomen van circumzenitaalbogen. Hemel en Dampkring **14**, 113—121, 1916.

2 K. Synoptische Meteorologie.

A. Schmauß. Kohärente und inkohärente Hoch- und Tiefdruckgebiete. Met. ZS. **34**, 133—134, 1917.

Friedrich Drewes. Beiträge zur Kenntnis der isländischen Barometerdepressionen. Dissertation Berlin. Berlin 1916. 8°. 54 S., 5 Bl.

2 L. Dynamische Meteorologie.

A. Schmauß. Beiträge zur Dynamik der Atmosphäre. Met. ZS. **34**, 97—122, 1917.

2 M. Praktische Meteorologie.

2 N. Kosmische Meteorologie.

Porstmann. Über den Einfluß der Sonne auf die Erdatmosphäre. (Schluß von Seite 397). Prometheus **28**, 411—413, 1917.

Prof. **St. Hanzlik.** Über die Beziehung der gleichzeitigen Luftdruckschwankungen zur Sonnentätigkeit. Wien. Anz. Nr. 7, S. 71, 1917.

A. Stentzel. Starker Sonnen- und Erdvulkanismus und die große Kälte. Astr. ZS. **11**, 33, 1917.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

Dr. **F. A. Lindemann** and **C. V. Burton**, Dr. **P. E. Shaw.** The Temperature Coefficient of Gravity. Nature **98**, 349—350, 1917.

Dr. **George W. Todd.** Thermodynamics and Gravitation; A Suggestion. Nature **99**, 5—6, 1917.

Prof. Dr. **A. Gavazzi.** Über Schneemessungen in Srijem. S.-A. a. d. Ber. d. geolog. Komm. **4—5**, 1914—1915. Zagreb 1916.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

Fischer, Landwirtschaftslehrer. Erdbodentemperatur-Beobachtungen in Trier a. d. Mosel. Wetter **34**, 74—75, 1917.

Digitized by Google

Dr. **C. Steiner** in Budapest. Zur Wärmebewegung im Erdboden. Met. ZS. **34**, 138—139, 1917.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

Otto Meißner. Über die jährliche Periode der mikroseismischen Bewegung. Phys. ZS. **18**, 73—75, 1917.

Vorläufiger Bericht über Erdbebenmeldungen in Österreich im Jänner 1917. Wien. Anz., Nr. 6, S. 67—68, 1917.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

F. C. Loring. Sunlight and the magnetic needle. Science **44**, 635—637, 1916.

Alfred Angot. Valeurs des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val. Joyeux, au 1er janvier 1917. C. R. **164**, 229—230, 1917.

Observations of the Aurora of August 26 from British Columbia and Alaska. Science **44**, 815—817, 1916.

Elihu Thomson. Inferences concerning auroras. Science **44**, 818—819, 1916.

The auroral display of August 26. Science **44**, 678—683, 1916.

C. C. Trowbridge. The focus of the auroral streamers on August 26, 1916. Science **44**, 717—722, 1916.

Geo M. Searle. The aurora of 1859. Science **44**, 817—818, 1916.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

A. E. Larkmann. Columnar Ice-crystals. Nature **98**, 269, 1916.

J. L. Extrusion of Columnar Ice-Crystals from Moist Earth. Nature **98**, 290, 1916.

R. F. Gunther. A Frost Thistle: A beautiful Effect of Freezing. Nature **98**, 370, 1917.

B. Brandt. Gehängenischen und Schneeschmelze. Geogr. ZS. **22**, 694—695, 1916.

C. Kaßner. Der Einfluß Berlins als Großstadt auf die Schneeverhältnisse. Met. ZS. **34**, 136—137, 1917.

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. — 15. Juli 1917. — Nr. 13.

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 13 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 12. bis 30. Juni 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Max Jakob. C. Lindes Lebenswerk. Die Naturwissenschaften **5**, 417—423, 1917.

Karl von Klinckowstroem. Eine bisher verschollene Originalluftpumpe Otto von Guerickes. Geschichtsbl. f. Techn., Ind. u. Gewerbe 1916, Nr. 7 bis 9. [ZS. f. phys. Unterr. **30**, 155, 1917.

C, Neumann. Franz Neumanns Beiträge zur Kristallonomie aus den Jahren 1823 bis 1826. Ein Versuch, den wesentlichen Inhalt dieser vor fast hundert Jahren erschienenen fundamentalen Schriften in übersichtlicher und lückenloser Weise darzustellen. Leipzig. Abh. Math.-phys. Kl. **33**, Nr. III, XX S. u. S. 195—458. Mit 66 Figuren im Text und 22 Tafeln. Leipzig B. G. Teubner, 1916. (Preis 14 ℳ.)

Julius Schiff. Zur Geschichte der konstanten galvanischen Elemente. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 155—157, 1917.

Felix Auerbach. Die Wiedergeburt der wissenschaftlichen Glasindustrie. D. Opt. Wochenschr. 1917, 247—250, 256—258.

A. Klughardt. Die Brillengläser bei Leonardo da Vinci. D. Opt. Wochenschr. 1917, 255—256.

M. v. Rohr. Beitrag zur Geschichte der süddeutschen Brillenfabriken. ZS. d. D. Ges. f. Mech. u. Opt. 1917, 83—89.

Drecker. Ein Instrument, eine Karte und eine Schrift des Nürnberger Kartographen und Kompaßmachers Erhard Etzlaub. S.-A. Ann. d. Hydrogr. 1917, 217—224.

Der Anteil der Kasseler mathematisch-mechanischen Industrie an der Einführung des Metersystems im Deutschen Reich. D. Opt. Wochenschr. 1917, 230—231.

Digitized by Google

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1916. ZS. f. Instrkde. **37**, 70—78, 91—103, 120—132, 1917.

Scheel. Bericht über die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1916. D. Opt. Wochenschr. 1917, 245—247.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

Marcuse. Die Königliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. D. Opt. Wochenschr. 1917, 250—251.

F. Hochheim. Die Verteilung des Lehrstoffs der Elektrizität auf die oberen Klassen der Realanstalten und die Behandlung der elektrischen Einheiten. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 113—125, 1917.

Christoph Schwantke. Zum Parallelogramm der Kräfte. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 147, 1917.

H. Greinacher. Zwei Mitteilungen aus der Mechanik (Stoßgesetz und Wurfgesetz). ZS. f. phys. Unterr. **30**, 130—134, 1917.

H. Knapp. Selbstanfertigung von Kraftmessern für Schülerübungen. Vierteljahresber. Wien. Ver. z. Förd. d. Unterr. **21**, Heft 3 u. 4, 1916. [ZS. f. phys. Unterr. **30**, 149, 1917.

W. Kodweiß. Longitudinale Schwingungen in Stäben. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 145, 1917.

P. Schönhals. Umwandlung von Querwellen in Längswellen. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 138—139, 1917.

Friedrich C. G. Müller. Versuchsanordnung, um den Sinuscharakter einer elastischen Schwingung zu zeigen. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 141—142, 1917.

H. Rebenstorff. Zur Benutzung der Zählsirene. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 146—147, 1917.

H. Rebenstorff. Schwimmendes Geld. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 146, 1917.

W. Merkelbach. Einsatzstäbe für Stative zur Selbstanfertigung von Apparaten. ZS. phys. Unterr. **30**, 126—130, 1917.

R. Winderlich. Geschichtliches im chemischen Unterricht. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 134—138, 1917.

E. Mannheimer. Einfacher Tischabzug für brennbare giftige Gase. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 148, 1917.

W. Roth. Einige einfache Demonstrationsversuche aus Physik und Chemie. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 144—145, 1917.

Reismann. Versuche zur Demonstration der Strömungsbedingungen für die Elektrizität. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 139—140, 1917.

H. Haga. Ein Vorlesungs-Elektroskop. Phys. ZS. **18**, 275—276, 1917.

P. Nickel. Die Tangentenbussole als Schülerarbeit in Berlin. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 140—141, 1917.

Friedrich C. G. Müller. Die Bestimmung der Polstärken und der Horizontalintensität ohne besondere Apparate nach der Schwingmethode. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 142—144, 1917.

3. Maß und Messen.

F. Plato. Endmaße und Strichmaße. ZS. d. D. Ges. f. Mech. u. Opt. 1917, 93—98.

Geschwindigkeitsmesser der Firma Hartmann & Braun A.-G. ZS. f. Feinmech. **25**, 102—103, 1917.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Emil Waelsch. Binäranalyse des vierdimensionalen Vektorraumes. S.-A. Wien Ber. **125** [2a], 1625—1650, 1916.

F. Engel. Über die zehn allgemeinen Integrale der klassischen Mechanik. Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl. 1916, 270—275.

Digitized by Google

L. Hartmann. Variation systématique de la valeur de la force vive dans le choc élastique des corps. C. R. **164**, 491—494, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Karl Wolf. Über den Einfluß der Einspannung auf die Torsionsbeanspruchung eines Kreiszylinders. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 1149—1166, 1916.
Mesnager. Sur la représentation des charges concentrées par des séries trigonométriques. C. R. **164**, 600—602, 1917.
Georges Charpy et André Cornu-Thenard. Sur les essais de résilience. C. R. **164**, 473—477, 1917.

6. Hydromechanik.

H. Lorenz. Die Abhängigkeit des Luft- und Wasserwiderstandes von der Geschwindigkeit. Phys. ZS. **18**, 209—214, 1917.
Alfred Denizot. Über das de Saint-Venantsche Problem. S.-A. Prace mat.-fiz. Warschau **28**, 195—212, 1917. (Polnisch.)
C. Drucker. Untersuchungen über Fluidität. I. ZS. f. phys. Chem. **92**, 287—319, 1917.

7. Kapillarität.

Olga Kudlac. Über den Einfluß der Kapillarweiten bei der Bestimmung der Kapillaritätskonstante nach der Jäger-Martinschen Methode. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 1077—1082, 1916.

8. Aeromechanik.

H. Lorenz. Die Abhängigkeit des Luft- und Wasserwiderstandes von der Geschwindigkeit. Phys. ZS. **18**, 209—214, 1917.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

W. Hahnemann und H. Hecht. Schallfelder und Schallantennen. II. Phys. ZS. **18**, 261—270, 1917.
Karl von Wesendonk. Über Vokalklänge. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 95—108, 1917.

2. Physiologische Akustik.

E. Budde. Über die Resonanztheorie des Hörens. Phys. ZS. **18**, 225—236, 249—260, 1917.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Wilhelm Ostwald. Grundriß der allgemeinen Chemie. 5. Aufl. 647 S. Dresden und Leipzig, Verlag von Theodor Steinkopff, 1917 (?). (Preis 24 ℳ, geb. 25,50 ℳ.)

Digitized by Google

F. Mylius. Über die Herstellung reiner Metalle. Die Naturwissenschaften **5**, 409—417, 1917.

Massol et **Faucon.** Absorption des radiations ultra-violettes par quelques composés chloro-carbonés de constitution simple. Bull. soc. chim. (4) **21**, 60—61, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

M. v. Smoluchowski. Studien über Kolloidstatistik und den Mechanismus der Diffusion. S.-A. Kolloid-ZS. **18**, 48—54, 1916.

M. v. Smoluchowski. Theoretische Bemerkungen über die Viskosität der Kolloide. S.-A. Kolloid-ZS. **18**, 190—195, 1916.

Robert Kremann und **Max Wenzing.** Das ternäre System Phenol-Acetamid-Äthylalkohol und das binäre System Phenol-Benzamid mit einem Beitrag zur Theorie des Umkristallisierens. Wien. Anz. 1917, 171.

Richard Zsigmondy. Die Keimmethode zur Herstellung kolloider Metalllösungen bestimmter Eigenschaften. Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl., 1916, 177—189.

A. Massink. Doppelsalzbildung zwischen Nitraten und Sulfaten in wässeriger Lösung. ZS. f. phys. Chem. **92**, 351—380, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

A. H. W. Aten. Theorie der elektrolytischen Bestimmung der Halogene als Halogensilber. ZS. f. phys. Chem. **92**, 320—344, 1917.

4. Photochemie.

Warburg. Die Theorie der photochemischen Vorgänge. Berl. Ber. 1917, 345.

A. Kailan. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 101. Über die chemischen Wirkungen der durchdringenden Radiumstrahlung. 10. Der Einfluß der durchdringenden Strahlen auf Chloroform und Tetrachlorkohlenstoff nebst Notiz über die Einwirkung von ultravioletten Licht auf Chloroform. Wien. Anz. 1917, 172—173.

5. Thermochemie.

G. Tammann. Über die Lösungswärme. Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl., 1916. 294—300.

Paul Pascal. Sulfates neutres et acides de sodium. C. R. **164**, 628—630, 1917.

Johanne Christiansen. Hydrate von Alkoholen und Fettsäuren. Zweite Mitteilung. ZS. f. phys. Chem. **92**, 257—274, 1917.

C. Drucker. Untersuchungen über Fluidität. I. ZS. f. phys. Chem. **92**, 287—319, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

C. Neumann. Franz Neumanns Beiträge zur Kristallonomie aus den Jahren 1823 und 1826. Ein Versuch, den wesentlichen Inhalt dieser vor fast hundert Jahren erschienenen fundamentalen Schriften in übersichtlicher und lückenloser Weise darzustellen. Leipzig. Abh. Math.-phys. Kl. **38**, Nr. III, XX S. u. S. 195—458. Mit 66 Figuren im Text und 22 Tafeln. Leipzig, B. G. Teubner, 1916. (Preis 14 ℳ.)

Digitized by Google

O. Lehmann. Die Struktur inhomogener tropfbar-flüssig-kristallinischer Schichten (Spurlinien, Fäden und Höfe). Ann. d. Phys. (4) **52**, 445—477, 1917.

O. Lehmann. Störung der Struktur tropfbar-flüssiger Kristalle durch Beimischungen. Ann. d. Phys. (4) **52**, 527—540, 1917.

O. Lehmann. Fortschreitende Strukturwellen (scheinbare Rotationen) bei flüssigen Kristallen. Ann. d. Phys. (4) **52**, 541—552, 1917.

G. Tammann. Über die Resistenzgrenzen von Mischkristallen und die Molekularverteilung in Raumgittern. Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl., 1916, 199—265.

G. Tammann. Über eine farblose Form des Quecksilberjodides. Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl., 1916, 292—293.

A. Smits. Über Quecksilberjodid. III. ZS. f. phys. Chem. **92**, 345—350, 1917.

H. Seemann. Die Vermeidung der Verbreiterung von Röntgenspektrallinien infolge der Tiefe der wirksamen Schicht. Phys. ZS. **18**, 242—249, 1917.

F. Grandjean. Essai d'orientation des sels de cholestérine et des oléates liquides anisotropes sur les cristaux. C. R. **164**, 636—639, 1917.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

G. Soisson. La théorie des électrons. Arch. Inst. de Luxembourg **5**, 87—103, 1910 (1917).

Walter König. Der Streit um das Elektron. Die Naturwissenschaften **5**, 373—380, 1917.

Karl Glitscher. Spektroskopischer Vergleich zwischen den Theorien des starken und des deformierbaren Elektrons. 31 S. Diss. München 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

4. Maße und Meßinstrumente.

H. Haga. Ein Vorlesungs-Elektroskop. Phys. ZS. **18**, 275—276, 1917.

C. Déguisne. Die Bestimmung kleiner Phasenverschiebungen bei Niederfrequenz. Arch. f. Elektrot. **5**, 375—382, 1917.

Paul Woog et **J. Sarriau.** Sur une méthode d'observation et de mesure de phénomènes magnétiques périodiques rapides. C. R. **164**, 605—607, 1917.

5. Apparate.

E. Barkow. Erfahrungen mit photoelektrischen Zellen. Phys. ZS. **18**, 214—225, 1917.

Digitized by Google

Heinrich Rausch von Traubenberg. Eine Röntgenröhre für physikalische Zwecke. Phys. ZS. **18**, 241—242, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

Rudolf Richter. Über zusätzliche Stromwärme. IV. Unterdrückung der zusätzlichen Stromwärme durch magnetische Hilfskreise. Arch. f. Elektrot. **5**, 335—375, 1917.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

C. E. Guye et C. Stancescu. Sur le potentiel explosif dans l'anhydride carbonique aux pressions élevées. C. R. **164**, 602—605, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

J. Stark. Bemerkung zu der Mitteilung des Herrn Vegard „Über die Lichterregung bei den Kanalstrahlen". Ann. d. Phys. (4) **52**, 478—482, 1917.

Josef Paul Rothensteiner. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 95. Szintillationszählungen über die Reichweiteschwankungen der α-Strahlen von RaF in Luft. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 1237—1252, 1916.

Stefan Meyer und **Fritz Paneth.** Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 96. Notiz über die Zerfallskonstante des Radiothor. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 1253—1260, 1916.

Robert W. Lawson. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 100. Das Alter der Thoriummineralien. Wien. Anz. 1917, 171—172.

A. Kailan. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 101. Über die chemischen Wirkungen der durchdringenden Radiumstrahlung. 10. Der Einfluß der durchdringenden Strahlen auf Chloroform und Tetrachlorkohlenstoff nebst Notiz über die Einwirkung von ultraviolettem Licht auf Chloroform. Wien. Anz. 1917, 172—173.

Robert W. Lawson. Über absolute Zeitmessung in der Geologie auf Grund der radioaktiven Erscheinungen. Die Naturwissenschaften **5**, 429—435, 1917.

Karl Glitscher. Spektroskopischer Vergleich zwischen den Theorien des starken und des deformierbaren Elektrons. 31 S. Diss. München 1917.

W. Kossel. Zum Ursprung der γ-Strahlenspektren und Röntgenstrahlenserien. (Zu Herrn R. Swinnes gleichnamigem Aufsatz). Phys. ZS. **18**, 240—241, 1917.

H. Seemann. Die Vermeidung der Verbreiterung von Röntgenspektrallinien infolge der Tiefe der wirksamen Schicht. Phys. ZS. **18**, 242—249, 1917.

J. Pellissier. Sur quelques propriétés géométriques du faisceau des tubes à rayons X. Applications à la localisation des corps étrangers de l'organisme. C. R. **164**, 516—519, 1917.

Digitized by Google

J. Fromentin. Procédé radioscopique rapide de localisation des projectiles. C. R. **164**, 519—520, 1917.

Heinrich Rausch von Traubenberg. Eine Röntgenröhre für physikalische Zwecke. Phys. ZS. **18**, 241—242, 1917.

Heinr. Faßbender. Die Entwicklung der Röntgenröhre. D. Opt. Wochenschr. 1917, 235—239.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

C. Ramsauer. Erwiderung auf Herrn Millikans Kritik meiner lichtelektrischen Arbeiten. Ann. d. Phys. (4) **52**, 483—490, 1917.

E. Barkow. Erfahrungen mit photoelektrischen Zellen. Phys. ZS. **18**, 214—225, 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

P. Debye. Der erste Elektronenring der Atome. Phys. ZS. **18**, 276—284, 1917.

Karl Glitscher. Spektroskopischer Vergleich zwischen den Theorien des starken und des deformierbaren Elektrons. 31 S. Diss. München 1917.

P. Debye. Die Feinstruktur wasserstoffähnlicher Spektren. Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl., 1916, 161—171.

Max Planck. Zur Theorie des Rotationsspektrums. (Erste Mitteilung.) Ann. d. Phys. (4) **52**, 491—505, 1917.

A. Sommerfeld. Zur Quantentheorie der Spektrallinien. Intensitätsfragen. S.-A. Münchener Ber., Math.-phys. Kl., 1917, 83—109.

M. Smoluchowski. Experimentelle Bestätigung der Rayleighschen Theorie des Himmelsblaues. S.-A. Krak. Anz. 1916, 218—220.

Hermann Spohn. Zur Theorie der Polarisation ultraroter Strahlung durch Metallgitter. 66 S. Diss. Breslau 1916.

Jan Spijkerboer. Verstrooïng van licht en intensiteitsverdeeling over de zonneschijf. 160 S. Diss. Utrecht 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

L. v. Liebermann jr. Eine einfache elektrische Lampe zur Untersuchung der Lichtempfindung, der Doppelbilder und der Pupillenreaktion. D. Opt. Wochenschr. 1917, 225—226.

Hugo Krüss. Die Anwendung von Gittern zur Lichtschwächung. ZS. f. Instrkde. **37**, 109—120, 1917.

A. v. Hübl. Ein Farbenmeßapparat. Phys. ZS. **18**, 270—275, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

Digitized by Google

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

Hermann Spohn. Zur Theorie der Polarisation ultraroter Strahlung durch Metalldrahtgitter. 66 S. Diss. Breslau 1916.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Josef Maria Eder. Das Bogenspektrum des Gadoliniums. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 1467—1535, 1916.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

P. Debye. Die Feinstruktur wasserstoffähnlicher Spektren. Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl., 1916, 161—171.

W. Kossel. Zum Ursprung der γ-Strahlenspektren und Röntgenstrahlenserien. (Zu Herrn R. Swinnęs gleichnamigem Aufsatz.) Phys. ZS. **18**, 240—241, 1917.

Jan Spijkerboer. Verstroïïng van licht en intensiteitsverdeeling over de zonneschijf. 160 S. Diss. Utrecht 1917.

Massol et Faucon. Absorption des radiations ultra-violettes par quelques composés chloro-carbonés de constitution simple. Bull. soc. chim. (4) **21**, 60—61, 1917.

Hugo Krüss. Die Anwendung von Gittern zur Lichtschwächung. ZS. f. Instrkde. **37**, 109—120, 1917.

A. v. Hübl. Ein Farbenmeßapparat. Phys. ZS. **18**, 270—275, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Vladimir Njegovan. Über das Verhältnis der Wärmekapazität zur Entropie. ZS. f. phys. Chem. **92**, 275—286, 1917.

E. Ariès. Les coefficients de la thermo-élasticité aux basses températures et l'hypothèse de M. Nernst. C. R. **164**, 593—597, 1917.

2. Kinetische Theorie der Materie.

M. Smoluchowski. Über gewisse Mängel in der Begründung des Entropiesatzes sowie der Boltzmannschen Grundgleichung in der kinetischen Gastheorie. S.-A. Krak. Anz. 1915, 164—178.

M. v. Smoluchowski. Studien über Kolloidstatistik und den Mechanismus der Diffusion. S.-A. Kolloid-ZS. **18**, 48—54, 1916.

M. v. Smoluchowski. Theoretische Bemerkungen über die Viskosität der Kolloide. S.-A. Kolloid-ZS. **18**, 190—195, 1916.

3. Thermische Ausdehnung.

Digitized by Google

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

H. Baclesse. Thermometer für mittlere und höhere Temperaturen. D. Opt. Wochenschr. 1917, 252.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

Max B. Weinstein. Über die Zustandsgleichung der festen Körper. Ann. d. Phys. (4) **52**, 506—526, 1917.

A. Leduc. Chaleurs de vaporisation et pressions maxima des vapeurs. C. R. **164**, 494—497, 1917.

E. Ariès. Les coefficients de la thermo-élasticité aux basses températures et l'hypothèse de M. Nernst. C. R. **164**, 593—597, 1917.

G. Tammann. Über die Schmelzpunkte der Glieder homologer Reihen. Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl., 1916, 172—176.

E. Ariès. Sur la tension de la vapeur saturée aux basses températures et sur la constante chimique. C. R. **164**, 477—480, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

A. Leduc. Chaleurs de vaporisation et pressions maxima des vapeurs. C. R. **164**, 494—497, 1917.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Report of the Astrophysical Observatory under the direction of the Smithsonian Institution for the fiscal year ending June 30, 1916. 8°. 7 S. S.-A. Smithsonian Report for 1916, Appendix 5.

1 B. Planeten und Monde.

1 C. Fixsterne und Nebelflecke.

1 D. Die Sonne.

A. Wolfer, Zürich. Provisorische Sonnenflecken-Relativzahlen für das erste Quartal 1917. Met. ZS. **34**, 192, 1917.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A$_1$. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Johannes Schubert. L. A. Grossmann †. Met. ZS. **34**, 180—182, 1917.

V. Bjerknes. Theoretisch-meteorologische Mitteilungen. Met. ZS. **34**, 166—176, 1917.

F. Linke. Vergleichsmessungen der Temperatur und des Niederschlages auf den Gipfeln des Großen und des Kleinen Feldberges im Taunus. Ber. d. Met. Geophys. Inst. Frankfurt a. M. und Taunus-Obs. Nr. 2, 1914/15.

F. Linke. Vergleichsmessungen der Temperatur und Feuchtigkeit im Garten und auf der Plattform des Physikalischen Vereins. Ber. d. Met. Geophys. Inst. Frankfurt a. M. und Taunus-Obs. Nr. 2, 1914/15.

Joh. Schubert. Niederschlag, Verdunstung, Bodenfeuchtigkeit, Schneedecke in Waldbeständen und im Freien. Met. ZS. **34**, 145—153, 1917.

Dr. **Moriz von Topolansky.** Temperatur, relative Feuchtigkeit und Dampfdruck vor und nach Niederschlägen. Met. ZS. **34**, 202—203, 1917.

W. Brennecke. Beziehungen zwischen der Stärke des Nordost-Passats im Sommer und der Wintertemperatur von Europa. Met. ZS. **34**, 182—184, 1917.

Dr. **Paul Range.** Zur Meteorologie des Sinai. Met. ZS. **34**, 176—180, 1917.

Digitized by Google

Dr. **V. Strouhal**, Prag. Das Summen in den Telegraphendrähten. Met. ZS. **34**, 190—191, 1917.

A. de Quervain. Weitere Beiträge zur Frage der atmosphärischen Schallausbreitung. (25. April, 25. und 31. Dezember 1915, jährliche Periode 1915/16). Ann. d. Schweiz. Met. Zent. Anst. 1915. 52. Jahrg. Zürich (1916).

August Hagenbach, Basel. Über Verdreifachung des Kanonendonners. Met. ZS. **34**, 188—190, 1917.

Berichte des Meteorologisch-Geophysikalischen Institutes zu Frankfurt a. M. und seines Taunus-Observatoriums Nr. 2, 1914 und 1915. (Physikalischer Verein, Frankfurt a. M.). Herausgegeben vom Direktor Dr. Franz Linke. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1916. 4^0. 1 Bl., 170 S., 1 Tafel. (Preis 15 ℳ.)

P. Heideprim. Mittelwerte der meteorologischen Station Frankfurt a. M. Ber. d. Met.-Geophys. Inst. Frankfurt a. M. und Taunus-Obs. Nr. 2, 1914/15.

P. Heideprim. 11jährige Mittelwerte der meteorologischen Station Großer Feldberg i. T. Ber. d. Met.-Geophys. Inst. Frankfurt a. M. und Taunus-Obs. Nr. 2, 1914/15.

Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentral-Anstalt 1915. „Der Schweizerischen meteorologischen Beobachtungen", zweiundfünfzigster Jahrgang. Zürich (1916). 4^0. VIII, 134, 59, 7, 19, 32, 10, 7, 19 S., 10 Taf.

Observations made at secondary stations in Netherlands East India. Published by order of the government of Netherlands East India by Dr. W. van Bemmelen. **3**. (1913.) Batavia 1916. gr. 4^0. IX, 119 S.

Report of the Meteorological Service of Canada, Central Office, Toronto, for the year ended December 31, 1913. Ottawa 1916. 4^0. XV, 605 S., 4 Taf.

Report of the Chief of the Weather Bureau 1915—1916. (U. S. Depart. of Agricult. Weather Bur.). Washington 1916. 4^0. 282 S., 4 Tafeln.

Results of meteorological, magnetical and seismological observations for the year 1915. Toronto Observatory. Toronto 1916. 8^0. 37, 10 S.

Annual report of the Central Meteorological Observatory of Japan. Meteorological observations in Japan for the year 1915. Tokyo 1916. 4^0. 391 S., 1 Karte.

Report on the Colombo Observatory and the meteorology of Ceylon 1915. (Colombo 1916). 4^0. 41 S., 8 Tafeln.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Franz Linke. Die meteorologische Ausbildung des Fliegers. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1917. 8^0. 3 Bl., 92 S. Preis 3 ℳ. Ref.: R. Süring. Met. ZS. **34**, 206, 1917.

Ergebnisse aerologischer Beobachtungen. 4. 1915. (Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut No. 106.) Utrecht, Kemink & Zoon, 1916. 8^0. XI, 108 S.

2 A_3. Luftschiffahrt und Flugwesen.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

A. Fliegner. Kinetische Untersuchungen über die Lufthülle der Erde. Zürich 1916. 8^0. S.-A. Vierteljahrsschrift d. Naturf. Ges. Zürich **61**, 1916, 651—683.

Georg T. Palmer, Laurence V. Coleman, and **Harry C. Ward.** A study of methods of determining air dustiness. Boston 1916. 4^0. S.-A. Amer. J. of Public Health. **6**, Nr. 10, 1049—1075.

Digitized by Google

2 C_1. Lufttemperatur.

Die interdiurne Veränderlichkeit der Lufttemperatur. Met. ZS. **34**, 197—198, 1917.

Max Sassenfeld, Emmerich. Winterkälte 1917 am unteren Niederrhein. Met. ZS. **34**, 198—199, 1917.

J. von Hann. Mittlere Temperaturen unter 18° Nördl. Br. (Port au Prince) und 18° Südl. Br. (Tananarivo) während der letzten Sonnenfleckenperiode 1901 bis 1913. Met. ZS. **34**, 202, 1917.

2 C_2. Strahlung.

F. Linke. Die Sonnenscheindauer in Frankfurt a. M. auf dem Feldberg i. T. Ber. d. Met. Geophys. Inst. Frankfurt a. M. u. Taunus-Obs. Nr. 2, 1914/15.

2 D. Luftdruck.

J. von Hann. Die dritteltägige (achtstündige) Luftdruckschwankung. Met. ZS. **34**, 185—188, 1917.

J. von Hann. Untersuchungen über die tägliche Oszillation des Barometers. III. Die dritteltägige (achtstündige) Luftdruckschwankung. Wien 1917. 8°. (Anz. d. K. Akad. d. Wiss. Wien, Jahrg. 1917, Nr. 6, S. 55—58.)

2 E. Winde und Stürme.

Untersuchungen über die Zunahme der Windgesehwindigkeit mit der Höhe. Met. ZS. **34**, 191—192, 1917.

G. Hellmann. Über die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre. Zweite Mitteilung. Berlin 1917. 8°. S.-A. Berl. Sitzber. 1917, X, S. 174—197.

Max Sassenfeld, Emmerich. Windrichtung in Tsingtau nach stündlichen Anemometeraufzeichnungen. Met. ZS. **34**, 200—201, 1917.

Maxwell Hall. Report on the hurricane in Jamaica August 15th and 16th, 1916. Jamaica 1916. 4°. 10 S., 3 Tafeln.

P. H. Gallé. Cyclonen in de Arabische Zee. (Koninklijk Nederlandsch Meteorologische Instituut No. 102. Mededeelingen en Verhandelingen 21.) Utrecht, Kemink & Zoon, 1916. 8°. 20 S., 1 Taf.

2 F. Wasserdampf.

W. Köppen. Verdunstung und Dampfhunger. Met. ZS. **34**, 203, 1917.

2 G. Niederschläge.

Außerordentliche Regenfälle. Met. ZS. **34**, 203, 1917.

Ergebnisse der täglichen Niederschlagsmengen auf den meteorologischen und Regenmeßstationen in der Schweiz. Jahrgang 1915. Herausgegeben von der Schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt. Zürich (1916). 4°. 2 Bl., 234 S., 1 Taf.

Carmelo Colamonica. La pioggia nella Campania. Firenze 1915. 4°. 180 S., 2 Taf. S.-A. Mem. Geogr. 1915, Nr. 27.

J. von Hann. Der tägliche Gang der Regenhäufigkeit in New Orleans. Met. ZS. **34**, 199—200, 1917.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

E. Rempp. Über einige technische Erfahrungen mit dem Benndorfschen registrierenden Elektrometer und über einige Hilfsapparate. Ber. d. Met.-Geophys. Inst. Frankfurt a. M. und Taunus-Obs. Nr. 2, 1914/15.

Digitized by Google

Albert Gockel. Luftelektrische Beobachtungen im schweizerischen Mittelland, im Jura und in den Alpen. Von der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft mit dem Preis der Schäfli-Stiftung bedachte Arbeit. (Neue Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft **54**, Abh. 1.) Basel, Genf und Lyon 1917. 4°. 2 Blatt, 75 S.

G. Hellmann. Über die angebliche Zunahme der Blitzgefahr. Berlin 1917. 8°. S.-A. Berl. Sitzber. 1917, X, S. 198—204.

2 I. Meteorologische Optik.

Heinrich Hagemeister, Rostock. Großherzogl. Luftwarte. Beobachtung einer Lichtsäule unterhalb der Sonne. Mes. ZS. **34**, 198, 1917.

C. Dorno, Davos. Dämmerungsbeobachtungen Herbst 1911 bis Anfang 1917. Met. ZS. **34**, 153—166, 1917.

2 K. Synoptische Meteorologie.

Albert Defant. Die Verteilung des Luftdruckes über dem Nordatlantischen Ozean und den anliegenden Teilen der Kontinente auf Grund der Beobachtungsergebnisse der 25jährigen Periode 1881 bis 1905. Wien 1916. 4°. 1 Bl., 54 S. S.-A. Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. **93**. Ref.: F. Drewes. Met. ZS. **34**, 203—206, 1917.

2 L. Dynamische Meteorologie.

Th. Hesselberg, H. U. Sverdrup. Die Reibung in der Atmosphäre. Met. ZS. **34**, 201—202, 1917.

Einfluß der Böschung auf die Bewegung der untersten Luftschichten. Met. ZS. **34**, 192—193, 1917.

Jaques. Atmosphärische Tiden. Prag. Smichow, Selbstverlag, 1917. 8°. 29 S.

2 M. Praktische Meteorologie.

Ambrosio Romo. El problema de la prevision del tiempo en las altas regiones intertropicales. Mexico 1916. 8°. S.-A. Memorias y Revista de la Sociedad cient. „Antonio Alzate" **34**, 363—372, 1916.

2 N. Kosmische Meteorologie.

Barelhako. Wissenschaftlicher Planeten- und Wetterkalender für das Jahr 1917. Hellerau-Dresden, F. G. Faßhauer (1916). kl. 8°. 87 S. (Preis 1,50 ℳ.) *

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

N. J. Föyn. Das Klima von Bergen. II. Teil. Lufttemperatur. (Mitteilungen vom Meteorologischen Observatorium in Bergen.) Bergen 1916. 8°. 88 S. S.-A. Bergens Museums Aarbok 1915— 1916, Naturvidenskabelige raekke No. 4.

J. von Hann. Marquardsen über Klima des Kongobeckens: Temperatur, Feuchtigkeit, Gewitter. Met. ZS. **34**, 184—185, 1917.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Digitized by Google

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

Dr. **L. Steiner**, Budapest. Die Wärmebewegung im Erdboden. Met. ZS. **34**, 197, 1917.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Erik O. Engström. Flodvägen i Dalälfven vären 1916. (Hydrografiska Byrån.) Stockholm 1916. 8°. 9 S. S.-A. Teknisk Tijdskrift, Väg- och Vattenbyggnadskonst 1916. Heft 11.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

J. Maurer. Zur Thermik des Zürich- und Walensees. (Temperaturlotungen in den Jahren 1904—1912.) Ann. d. Schweiz. Met. Zent.-Anst. 1915, 52. Jahrg., Zürich (1916).

J. Maurer. Einige Ergebnisse aus den Temperaturlotungen (1909—1912) im Zürich- und Walensee. Met. ZS. **34**, 193—197, 1917.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **30. Juli 1917.** **Nr. 14.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 14 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 15. Juli 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

M. Cantone. Corso di Fisica sperimentale. Vol. III. Acustica ed Ottica. Napoli 1917. *

L. Graetz. Die Physik. 569 S. mit 385 teils farbigen Abbildungen im Text und 15 farbigen und schwarzen Tafeln. Leipzig, Verlag „Naturwissenschaften“, G. m. b. H. (Die Naturwissenschaften und ihre Anwendungen, herausgegeben von C. Thesing.) (Preis geh. 16 ℳ.) *

E. Grimsehl. Lehrbuch der Physik für Realschulen. 3. Aufl. V u. 298 S. Leipzig 1917. (Preis 2,80 ℳ.) *

Martin Krause. Carl von Linde. ZS. f. d. ges. Kälte-Ind. **24**, 43—46, 1917.

K. W. Wagner, G. Eichhorn. Robert Lindemann †. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 1—2, 1917.

Rudolf Wlassak. Ernst Mach. Gedächtnisrede, gehalten in der soziologischen Gesellschaft in Wien am 26. Juni 1916. 47 S. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1917. (Preis 1,20 ℳ.)

F. Heintzenberg. Werner Siemens, der Erfinder der Dynamomaschine. Zu seinem hundertjährigen Geburtstage am 13. Dezember 1916. Prometheus **28**, 145—149, 164—167, 1916.

M. Dolivo-Dobrowolsky. Aus der Geschichte des Drehstromes. Elektrot. ZS. **38**, 341—344, 354—357, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

A. Luck. Die physikalischen Schülerübungen an den humanistischen Gymnasien, insbesondere am Luitpold-Gymnasium in München. 52 S. München 1916.

Digitized by Google

Richard Kempf. Methoden zur Erzeugung regelmäßiger Temperaturoszillationen von beliebig einstellbarer Schwingungsweite in Luftbädern oder festen Körpern. Mitt. Materialprüfungsamt **34**, 468—477, 1916.

3. Maß und Messen.

Rudolf Mehmke. Leitfaden zum graphischen Rechnen. Mit 121 Figuren im Text und einer Additions- und Subtraktionskurve als Beilage. VIII u. 152 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1917. (Sammlung math.-phys. Lehrb., herausgeg. von E. Jahnke, Nr. 19.) (Preis 4,80 ℳ, geb. 5,40 ℳ.)

Otto Steinitz. Ein absolutes Maßsystem auf Grund zweier Fundamentalarbeiten. Prometheus **28**, 417—418, 1916.

Plato. Normaltemperatur und Gebrauchstemperatur. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 508—510, 1917.

K. Giebel. Das Stangenplanimeter. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 177—183, 1917.

Frans Goerens. Invar und verwandte Nickelstähle. (Schluß.) Ferrum **14**, 121—123, 1917.

G. Dimmer. Die Interferenzmeßmethode. Mitt. d. k. k. techn. Versuchsamtes **8**, Heft 4, 25—39, 1914.

Friedrich Rode. Beutel- und Membranmeßdose. Dingler's Journ. **332**, 35—45, 1917.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Josef Lense. Das Newtonsche Gesetz in nichteuklidischen Räumen. Wien. Anz. 1917. 198—199.

L. de la Rive. Sur l'interprétation géométrique des équations de la relativité. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 281—284, 1917.

M. Schlick. Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik. Zur Einführung in das Verständnis der allgemeinen Relativitätstheorie. III u. 63 S. Berlin 1917. (Preis 2,40 ℳ.)

Leo Koenigsberger. Über die Hamiltonschen Differentialgleichungen der Dynamik. I. Sitzungsber. Heidelb. Akad., Math.-naturw. Kl., Abt. A., Math.-phys. Wiss., 1916, 12. Abh. 32 S.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

E. Nonnenmacher. Über den derzeitigen Stand unserer Erkenntnisse hinsichtlich der Elastizität und Festigkeit von Gußeisen. 117 S. Stuttgart 1916.

P. Ludwik. Die Härte der technisch wichtigsten Legierungen. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 549—554, 1917.

F. Wüst und **J. Miny.** Über den Einfluß des Schwefels auf die mechanischen Eigenschaften des grauen Gußeisens. (Schluß.) Ferrum **14**, 113—120, 1917.

6. Hydromechanik.

R. v. Mises. Berechnung von Ausfluß- und Überfallzahlen. (Fortsetzung.) ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 469—474, 493—498, 1917.

Adolf Schneider. Die versuchsmäßige Bestimmung der Ausflußzahlen von Ponceletöffnungen für Wasser und Kochsalzlösungen und Erörterung des inneren Zusammenhanges dieser Zahlen. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 532—537, 1917.

Digitized by Google

Arnold Peter. Das stabile Schwimmen mathematischer Körper. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 158—166, 190—200, 1916.

J. Fischer. Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in offenen Gerinnen in ihrer Beziehung zu den Oberflächengeschwindigkeiten. 55 S. Dresden 1916.

W. Herz. Zur Kenntnis der inneren Reibung wässeriger Salzlösungen. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 132—136, 1917.

7. Kapillarität.

Reinhold Fürth. Zwei Versuche zur Bestimmung der Oberflächenspannung und des Randwinkels von Quecksilber. Wien. Anz. 1917, 72.

G. Gouy. Sur la fonction électrocapillaire. Cinquième partie. Ann. de phys. (9) **7**, 129—184, 1917.

8. Aeromechanik.

Alexander Gleichen. Einige Grundlehren der Ballistik des Flugwesens. ZS. f. Feinmech. **25**, 61—65, 83—84, 1917.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

Anton Lampa. Über das Mitschwingen von Saiten. Wien. Anz. 1917, 87—88.

2. Physiologische Akustik.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Wilhelm Ostwald. Grundriß der allgemeinen Chemie. 5. Aufl. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1917. (Preis 24 ℳ, geb. 25,50 ℳ.)

O. Hinsberg. Über Valenzzentren. II. Journ. f. prakt. Chem. (N. F.) **95**, 121—131, 1917.

V. Rothmund. Über das sogenannte Antozon. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges., Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 170—173, 1917.

C. Harries. Bemerkungen zu der Arbeit von Riesenfeld und Bencker: „Die Einwirkung von Ozon auf anorganische Verbindungen". ZS. f. anorg. Chem. **99**, 195—196, 1917.

O. Hönigschmid. Über das Thoriumblei. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges., Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 161—164, 1917.

Emil Podszus. Reindarstellung sehr reaktionsfähiger Metalle und Metalloide. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 123—131, 1917.

D. Balarew. Untersuchungen über die Struktur der Pyrophosphorsäure. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 190—194, 1917.

J. Lifschitz und **Heinrich Lourié.** Studien über Chromophorfunktion. IV. Über die Chromophore von farbigen Molekülverbindungen und Farbstoffen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 269—291, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

W. Herz. Zur Kenntnis der inneren Reibung wässeriger Salzlösungen. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 132—136, 1917.

Digitized by Google

Georg Kellner. Die binären Systeme aus den Bromiden der Alkali- und Erdalkalimetalle. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 137—183, 1917.
Richard Zsigmondy. Die Keimmethode zur Herstellung kolloidaler Metallösungen bestimmter Eigenschaften. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 105—117, 1917.
Gertrud Kornfeld. Der Basenaustausch im Permutit. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges., Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 173—177, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

G. Gouy. Sur la fonction électrocapillaire. Cinquième partie. Ann. de phys. (9) **7**, 129—184, 1917.
O. Groop. Der Einfluß der Temperatur auf die elektrische Leitfähigkeit einiger flüssiger und fester Salzlösungen in Wasser. 48 S. Rostock 1916.
K. Arndt. Die Elektrochemie der Taschenlampenbatterien. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 165—169, 1917.
L. Lucas. Die Akkumulatoren und galvanischen Elemente. Theorie, Konstruktion und Anwendung. 2. Aufl. VIII u. 141 S. Leipzig, Verlag von Dr. Max Jänecke, 1917. (Preis 6 ℳ.) *

4. Photochemie.

Adolf Hnatek. Die minimalen, photographisch noch wiedergebbaren Helligkeitskontraste. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 323—332, 1917.

5. Thermochemie.

R. Anwandter. Zur Kenntnis der Bunsenflammen im Unterdruck. Diss. Techn. Hochsch. Karlsruhe 1916
W. D. Treadwell. Notiz zur Berechnung der Gleichgewichtskonstanten im Deaconprozeß. ZS. f. Elektrochem. **23**, 177—179, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

Otto Ruff. Über die Bildung von Diamanten. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 73—104, 1917.
R. Nacken. Beobachtungen über die Kristallisationsgeschwindigkeit in unterkühlten reinen Schmelzen. Zentralbl. f. Min. 1917, 191—203.
S. Kyropoulos. Zur Unterscheidung der Aggregatzustände verschiedener SiO_2-Arten mittels ihrer Röntgenstrahlen-Interferenzbilder. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 197—200, 1917.
O. Mügge. Über die einfachen Schiebungen am Zinn und seine Zustandsänderung bei 161°. Zentralbl. f. Min. 1917, 233—239.
Franz Goerens. Invar und verwandte Nickelstähle (Schluß.) Ferrum **14**, 121—123, 1917.
P. Ludwik. Die Härte der technisch wichtigsten Legierungen. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 549—554, 1917.
F. Wüst und **J. Miny.** Über den Einfluß des Schwefels auf die mechanischen Eigenschaften des grauen Gußeisens. (Schluß.) Ferrum **14**, 113—120, 1917.
O. Bauer und **E. Wetzel.** Versuche über das Verhalten von technischem Zink und Blei gegenüber Wasser, wässerigen Salzlösungen, Gips, Zement und verschiedenen Mörtelgemischen. Mitt. Materialprüfungsamt **34**, 333—373, 1916.
P. Groth. Chemische Kristallographie. Vierter Teil. Aromatische Kohlenstoffverbindungen mit einem Benzolringe. Mit 828 Figuren im Text. VIII u. 581 S. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1917. (Preis 40 ℳ.) *

Digitized by Google

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

A. Targonski. Effet du bombardement moléculaire sur de très petites particules liquides suspendues dans un gaz. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 295—306, 1917.

Martin Sjöström. Experimentelle Untersuchungen über die Beugung elektromagnetischer Wellen an einem Schirm mit geradlinigem Rande. Uppsala Universitets Årsskrift 1916, Mat. och Naturv. 1. VI u. 111 S. Uppsala 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 8.)

3. Elektrostatik.

4. Maße und Meßinstrumente.

J. Ondracek. Die Genauigkeit der Messungen an Widerständen in der Wheatstone-Brücke. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 309—311, 1917.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter. Nr. 115. Elektrot. ZS. **38**, 320—321, 1917.

5. Apparate.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Emil Podszus. Der strömende Metalldampfbogen. ZS. f. Elektrochem. **23**, 179—181, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

J. Koenigsberger, mit Messungen von **K. Glimme.** Über die Streuungsabsorption von Kanalstrahlen. Sitzber. Heidelb. Akad., Math.-naturw. Kl., Abt. A, Math.-phys. Wiss. 1916, 13. Abh. 26 S.

O. Hönigschmid. Über das Thoriumblei. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges., Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 161—164, 1917.

Robert W. Lawson. Über absolute Zeitmessung in der Geologie auf Grund der radioaktiven Erscheinungen. (Schluß.) Die Naturwissenschaften **5**, 452—459, 1917.

Digitized by Google

S. Kyropoulos. Zur Unterscheidung der Aggregatzustände verschiedener SiO_2-Arten mittels ihrer Röntgenstrahlen-Interferenzbilder. ZS. f. anorg. Chem. **99**, 197—200, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

Martin Sjöström. Experimentelle Untersuchungen über die Beugung elektromagnetischer Wellen an einem Schirm mit geradlinigem Rande. Uppsala Universitets Årsskrift 1916, Mat. och Naturv. 1. VI u. 111 S. Uppsala 1917.

M. Reithoffer. Die Resonanzfrequenz von Schwingungskreisen bei parallelgeschalteten Widerständen. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 466—479, 1917.

A. Sommerfeld. Die Überwindung der Erdkrümmung durch die Wellen der drahtlosen Telegraphie. Bericht über den gegenwärtigen Stand des Problems. Jahrb. d drahtl. Telegr. **12**, 2—15, 1917.

C. J. de Groot. Über einige Probleme der Energieübertragung zwischen den drahtlosen Stationen. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 15—35, 1917.

H. Nagaoka. Die Fortpflanzung elektrischer Wellen auf der Oberfläche der Erde und die ionisierende Schicht der Atmosphäre. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 35—38, 1917.

O. Demmler. Messungen über die Ausbildungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen an der Erdoberfläche. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 38—45, 1917.

H. M. Macdonald. Das Fortschreiten elektrischer Wellen um die Erdoberfläche. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 45—55, 1917.

E. M. Marchant. Die Heaviside-Schicht. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 56—67, 1917.

Louis W. Austin. Die Änderung der Stärke radiotelegraphischer Signale mit der Jahreszeit. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 68—71, 1917.

John L. Hogan jr Die Entwickelung des Heterodyn-Empfängers. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 480—491, 1917.

Benjamin Liebowitz. Die Theorie der Heterodyne-Empfänger. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **11**, 491—511, 1917.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

Leo Graetz. Das Licht und die Farben. Einführung in die Optik. 6 Vorlesungen, gehalten im Volkshochschulverein München. 4. Aufl. (15. bis 20. Tausend.) Mit 100 Abbildungen. V u. 130 S. Leipzig, Verlag von B. G. Teubner, 1916. (Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt, 17. Bdchen.) (Preis 1,20 ℳ, geb. 1,50 ℳ.)

Ladislas Natanson. On the propagation of energy, as conveyed by radiation, through material media. S.-A. Krak. Anz. 1916, 221—250.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

H. Hederich. Ebenflächige optische Körper. D. Opt. Wochenschr. 1917, 265—268.

Digitized by Google

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

Martin Sjöström. Experimentelle Untersuchungen über die Beugung elektromagnetischer Wellen an einem Schirm mit geradlinigem Rande. Uppsala Universitets Årsskrift 1916, Mat. och Naturv. 1. VI u. 111 S. Uppsala 1917.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

L. Silberstrom. Die Absorptionsspektren einiger Verbindungen mit „relativ anomaler" Rotationsdispersion. Lieb. Ann. **414**, 99—111, 1917.
Samuel Wild. Optisch aktive Ketone und Diketone. Lieb. Ann. **414**, 111—125, 1917.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

J. Stark. Bericht über die Verbreiterung von Spektrallinien. Jahrb. d. Radioakt. **12**, 349—440, 1916.
Josef Maria Eder. Das Bogenspektrum des Sammariums. Wien. Ber. **125** [2a], 883—897, 1916.
Antonie Krebs. Das Bogenspektrum des Kobalt, gemessen nach internationalen Normalen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 292—322, 1917.
L. Silberstrom. Die Absorptionsspektren einiger Verbindungen mit „relativ anomaler" Rotationsdispersion. Lieb. Ann. **414**, 99—111, 1917.
Werner Mecklenburg. Über die Schwärze von Tintenflecken auf Papier. Mitt. Materialprüfungsamt **34**, 387—435, 1916.
J. Lifschitz und **Heinrich Lourié.** Studien über Chromophorfunktion. IV. Über die Chromophore in farbigen Molekülverbindungen und Farbstoffen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 269—291, 1917.
J. Wilsing. Über die Helligkeitsverteilung im Sonnenspektrum nach bolometrischen Messungen und über die Temperatur der Sonnenphotosphäre. Mit 3 Fig. im Text und 3 Tafeln. 101 S. Publ. d. astrophys. Observ. Potsdam, 23. Bd., Nr. 72.
Leonhard Thompson Troland. Die Helligkeit, ihre Voraussetzungen und Eigenschaften. (Schluß.) ZS. f. Beleuchtungswesen **23**, 73—74, 1917.
Adolf Hnatek. Die minimalen, photographisch noch wiedergebbaren Helligkeitskontraste. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 323—332, 1917.
Thadée Peczalski. Étude du rayonnement intégral et lumineux des solides. Ann. de phys. (9) **7**, 224—248, 1917.
J. Teichmüller. Kritische Betrachtungen über die Grundlagen der photometrischen Begriffe und Größen. Elektrot. ZS. **38**, 296—299, 308—311, 1917.
J. Teichmüller. Kritische Betrachtungen über die Grundlagen der photometrischen Begriffe und Größen. ZS. f. Beleuchtungsw. **23**, 69—73, 1917.
Teichmüller. Grundlagen der photometrischen Begriffe und Größen. Elektrot. ZS. **38**, 359—360, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

H. Bouasse. Vision et reproduction des formes et des couleurs. Paris 1917.
Joh. M. Eder. Wilhelm Ostwalds neue Forschungen zur Farbenlehre. Mitt. k. k. techn. Versuchsamt Wien **6**, 19—22, 1917.

Digitized by Google

W. Ostwald. Die Farbenfibel. (Neue wissenschaftliche Grundlegung der Farbenlehre.) VII u. 45 S. mit 192 Farben und 8 Figuren. Leipzig 1917. (Preis im Leinenband 10 ℳ.) *

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Otto Sackur. A Text book of thermo-chemistry and thermo-dynamic. Translated and rev. by G. E. Gibson. 455 S. London, Macmillan, 1917. (Preis 12 s.) *

2. Kinetische Theorie der Materie.

David Enskog. Kinetische Theorie der Vorgänge in mäßig verdünnten Gasen. I. Allgemeiner Teil. IV u 160 S. Diss. Uppsala 1917.

A. Targonski. Effet du bombardement moléculaire sur de très petites particules liquides suspendues dans un gaz. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 295—306, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

Plato. Normaltemperatur und Gebrauchstemperatur. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 508—510, 1917.

Richard Kempf. Methoden zur Erzeugung regelmäßiger Temperaturoszillationen von beliebig einstellbarer Schwingungsweite in Luftbädern oder festen Körpern. Mitt. Materialprüfungsamt **34**, 468—477, 1916.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

A. Konrad. Die spezifische Wärme der Gase bei konstantem Volumen. 23 S. Graz 1917.

7. Wärmeleitung.

Thadée Peczalski. Contribution à l'étude de la conductibilité calorifique des solides. Ann. de phys. (9) **7**, 185—224, 1917.

M. Gary und **J. Dittmer.** Die Prüfung von Wärmeschutzstoffen auf Wärmedurchlässigkeit. Mitt. Materialprüfungsamt **34**, 435—445, 1916.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

J. Wilsing. Über effektive Sterntemperaturen. Astr. Nachr. **204**, 153—166, 1917.

1 B. Planeten und Monde.

H. E. Lau, Hörsholm. Die periodischen Veränderungen auf dem Mars. Astr. Nachr. **204**, 201—244, 1917.

G. Struve. Neue Bestimmung des Saturnäquators und der Bahnlageelemente der inneren Saturntrabanten. Astr. Nachr. **204**, 129—148, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

C. Wirtz. Über Helligkeitsschätzungen von Nebelflecken. Astr. Nachr. **204**, 190—196, 1917.

1 D. Die Sonne.

K. Bohlin. Die totale Sonnenfinsternis am 21. August 1914. Astr. Jaktlegels. och Undersökn. a. Stokholms Observat. **10**, Nr. 4.

E. Briner. Remarques sur l'énergie solaire. J. chim. phys. **15**, 47—50, 1917.

Alex. Véronnet. L'état physique du soleil. J. chim. phys. **15**, 30—46, 1917.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

F. Schmid. Zodiakallicht und Dämmerungsschein. Astr. ZS., Heft 12, 1916.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

A. Stentzel. Nachruf für Louis Großmann. Astr. ZS. **11**, 41, 1917.

Rudel. Das Wetter zu Nürnberg im Jahre 1916. Nürnberg 1917. 8°. 34 S.

Digitized by Google

Dr. **F. Drewes.** Einige Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung bei Island und dem Wetter an der deutschen Küste. Ann. d. Hydr. **45**, 65—72, 1917.

J. Dreis. Die Wunder der Atmosphäre. 8^0. 96 S. mit 35 Abbildungen. Leipzig, T. Thomas. Preis 1,00 ℳ.

Kontreadmiral **Wilhelm von Kesslitz.** Die Meteorologie von Pola nach den Beobachtungen am Hydrographischen Amte d. k. u. k. Kriegsmarine in Pola. Wien. Anz., Nr. 14, 167, 1917.

Monatliche Mitteilungen der k. u. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien, Hohe Warte. April 1917. Wien. Anz., Nr. 14, 177—182, 1917.

Nils Ekholm. Månadsoversikt av Väderleken i Sverige till lantbruketst tjänst utgiven ender Meteorologiske Centralanstaltens inseende. Årgang 37, Nr. 3 u. 4. März, April 1917.

Übersicht über die Witterungsverhältnisse im Königreich Bayern während der zwölf Monate des Jahres 1916. Mitgeteilt durch die K. Bayer. Meteorologische Zentralstation. (München 1916/17.) 4^0. 1 Bl., 48 S.

F. Åkerblom. Bulletin mensuel de l'observatoire météorologique de l'université d'Upsala **48** Année 1916. Upsala 1916—1917.

Die Witterung an der deutschen Küste im November 1916 und Dezember 1916. Ann. d. Hydr. **45**, 37—40 u. 82—84, 1917.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Albert Wigand. Die Halleschen wissenschaftlichen Freiballonfahrten. Beitr. z. Phys. d. freien Atmosph. **7**, Heft 4. S.-A.

Internationale Ballonfahrt vom 8. November 1916. Unbemannter Ballon. Wien. Anz., Nr. 9, 105—107, 1917.

Internationale Ballonfahrt vom 7. Dezember 1916. Unbemannter Ballon. Wien. Anz., Nr. 14, 184—186, 1917.

Loodsballons te de Bilt. Hemel en Dampkring **14**, 153—156, 1917.

H. G. Cannegieter. Verschillen in den toestand van den dampkring boven Soesterberg en Scheveningen in de herfst. Hemel en Dampkring **14**, 136—138, 1917.

2 A_3. Luftfahrt und Flugwesen.

Dr. **Richard Grammel.** Die hydrodynamischen Grundlagen des Fluges. Sammlung Vieweg, Heft 39/40. 1917.

H. G. C. Een bijzondere vliegerafbreker. Hemel en Dampkring **14**, 135—136, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

A. Wigand. Die Ionisierung der Erdatmosphäre durch den Halleyschen Kometen 1910. Ein Beitrag zur Kenntnis des Ursprungs der durchdringenden Strahlung. S.-A. a. d. Phys. ZS. **18**, 1—6, 1917.

C. G. Abbot. Atmospheric transmission. Science, October 6, 1916.

2 C_1. Lufttemperatur.

Dr. **Albert Defant.** Die nächtliche Abkühlung der unteren Luftschichten und der Erdoberfläche in Abhängigkeit vom Wasserdampfgehalt der Atmosphäre. (Der Einfluß der Strahlung der Atmosphäre auf den nächtlichen Temperaturgang von Boden und Luft.) Wien. Sitzber. **125**, Heft 10. 86 S. 1916.

Digitized by Google

R. Benkendorff. Die Isothermen Schleswig-Holsteins und klimatische Messungen auf Föhr. Schr. d. Naturwissensch. Vereins Schleswig-Holsteins **16**, Heft 2, 1916.

2 C_2. Strahlung.

2 D. Luftdruck.

2 E. Winde und Stürme.

E. Barkow. Windänderung mit der Höhe und Turbulenz. Ann. d. Hydr. **45**, 1—7, 1917.

Alfred Wegener. Wind- und Wasserböen in Europa. Die Wissenschaft **60**, 1917.

2 F. Wasserdampf.

2 G. Niederschläge.

Dr. **W. R. Eckardt.** Meteorologisches Observatorium Essen. Über die Ursachen der jahreszeitlichen Regenfälle in Afrika mit besonderer Berücksichtigung der Küstengebiete. Ann. d. Hydr. **45**, 7—19, 1917.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Egon von Schweidler. Zusammenfassender Bericht über die Beobachtungen an der luftelektrischen Station Seeham in den Sommern 1908 bis 1915. I. Teil: Leitfähigkeit, Feldstärke und vertikaler Leitungsstrom. Beiträge zur Kenntnis der atmosphärischen Elektrizität, Nr. 53. Wien. Sitzber., math.-naturw. Kl., Abt. IIa **125**, 9. Wien 1916. II. Teil: Ionisierung in geschlossenen Gefäßen. Nr. 55. Wien. Anz., Nr. 15, 192—193, 1917.

Dr. **Rudolf Seeliger** (Charlottenburg, derzeit Balkan). Elektrostatik aufsteigender Luftströme. Beiträge zur Kenntnis der atmosphärischen Elektrizität, Nr. 54. Wien. Sitzber. **125**, Nr. 9, 1916. 47 S.

2 I. Meteorologische Optik.

A. Stentzel, Hamburg. Die große Dämmerungsanomalie 1916—1917. Astr. Nachr. **204**, 268—272, 1917,

A. Stentzel. Die große Dämmerungsstörung 1916/17. Astr. ZS. **11**, 38, 1917.

F. Ahlgrimm. Zur Theorie der atmosphärischen Polarisation. 8^0. 66 S. Hamburg, Lütcke & Wulff, 1915.

A. Wigand. Beobachtungen der neutralen Polarisationspunkte aus größerer Höhe. S.-A. a. d. Phys. ZS. **18**, 237—240, 1917.

2 K. Synoptische Meteorologie.

Dr. **A. Defant.** Die Verteilung des Luftdruckes über dem Nordatlantischen Ozean und den angrenzenden Teilen der Kontinente auf Grund der Beobachtungsergebnisse der 25jährigen Periode 1881 bis 1905. Ann. d. Hydr. **45**, 49—65, 1917.

R. Chudeau. Trois perturbations barométriques au Nord de Tombouctou. Ann. d. Géogr., Nov. 15, 1915.

Digitized by Google

2 L. Dynamische Meteorologie.

Felix M. Exner. Dynamische Meteorologie. Leipzig und Berlin, Verlag u. Druck von B. G Teubner, 1917.

Wilhelm Schmidt. Der Massenaustausch bei der ungeordneten Strömung in freier Luft und seine Folgen. Wien. Anz., Nr. 13, 164—165, 1917.

2 M. Praktische Meteorologie.

M. Schmucker. Wie wird das Wetter im Jahre 1917? Allgemeine Jahresprognose der neuesten Wetterwarte für Deutschland. 8^0. 16 S. Dillingen o. J., J. Keller & Co., 1916. Preis 0,60 ℳ.

E. J. N. Brandt-Hinselmann. Mond und Wetter im Jahre 1917. Eine Übersicht über die wetterwirksamen Mondstellungen und den dadurch bedingten mutmaßlichen Verlauf der Witterung unter besonderer Berücksichtigung der Bedeutung für die Landwirtschaft. 6. erweiterte und verbesserte Ausgabe. 8^0. 38 S. Hannover, M. u. H. Schaper, 1917.

2 N. Kosmische Meteorologie.

A. Stentzel. Sonnenflecken und Sommerwetter. Astr. ZS. **11**, 37—38, 1917.

A. Stentzel. Märzkälte und Sonnenflecke. Astr. ZS. **11**, 47, 1917.

O. Meißner, Potsdam. Die Sonnenfleckenperiode im Klima von Berlin. Astr. Nachr. **204**, 246—248, 1917.

F. Schuster, Oberstleutnant a. D., Karlsruhe. Vom Einfluß des tropischen Monats auf den Luftdruck, die Windbewegung, die Temperatur und die wässerigen Niederschläge. Ann. d. Hydr. **45**, 41—49, 1917.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

Viktor Conrad. Beiträge zu einer Klimatographie von Serbien. Wien. Sitzber. **125**, Heft 10, 1916. 41 S.

R. Chudeau. Le climat de l'Afrique occidentale et équatoriale. Ann. d. Géogr., Novembre 16, 1916.

W. Mörikhofer. Klimatische Normalwerte für Basel. Verhandl. d. Naturf. Ges. Basel **27**, 1916.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

Die astronomisch-geodätischen Arbeiten des k. u. k. Militär-Geographischen Institutes in Wien. **23**. Trigonometrische Arbeiten. Herausgeg. v. k. u. k. Militär-Geographischen Institut. Publikationen für die Internationale Erdmessung. Budapest 1915.

Digitized by Google

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

Branca. Über die Bedeutung der magmatischen Erdbeben gegenüber den tektonischen. Berl. Sitzber., Nr. 27/28, S. 380—399, 1917.

Vorläufiger Bericht über Erdbebenmeldungen in Österreich im Februar 1917. Wien. Anz., Nr. 9, 103—105. April 1917 Ebenda, Nr. 14, 183, 1917.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

F. C. Loving. Sunlight and the magnetic needle. Science, Nov. 3, 1916.

R. Süring. Ergebnisse der magnetischen Beobachtungen in Potsdam und Seddin. Die Naturwissensch., Heft 47, 1916.

O. Carlheim-Gyllenskjöld. De l'influence des minérais de fer dans l'écorce terrestre sur les perturbations magnétiques. Arkiv f. Mathemat., Astr. och Fysik **11**, Heft 3.

A. Schmidt. Ergebnisse der magnetischen Beobachtungen in Potsdam und Seddin in den Jahren 1900 bis 1910. Veröffentl. d. Preuß. Met. Inst. Nr. 289 (Abhandl. **5**, Nr. 3.)

L. A. Bauer. The work done by the U. S. Coast and Geodetic Survey in the field of terrestrial magnetism. Centennial Celebrat. of the U. S. Coast and Geodetic Survey 1916.

Nordlicht-Beobachtung. (15. Febr. 1917.) Astr. ZS. **11**, 41, 1917.

L. Vegard und **O. Krogness.** Die Höhe des Nordlichts vermittelst parallaktischer Aufnahmen an dem Haldde-Observatorium. Ann. d. Phys., 4 F., **51**, Nr. 21, 1916.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Kühnen. Das Mittelwasser der Ostsee bei Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona, Swinemünde, Pillau, Memel und das Mittelwasser der Nordsee bei Bremerhaven in den Jahren 1898—1910. Mit 2 Taf. 8^0. III, 207 S. (Veröffentl. Preuß. Geodät. Inst., N. F., Nr. 70.) Berlin, P. Stankiewicz, 1916.

Axel Wallén. Sveriges Vattensystem. (Hydrografiska Byrån.) Stockholm 1916. 8^0. 14 S. S.-A.

L. Germain. La lithologie sous-marine du Golfe du Lyon d'après J. Thoulet. Ann. de Géogr. 1915, Novembre 15.

J. E. Pillsbury. Ocean currents and deap sea explorations of the Coast and Geodetic Survey. Centennial Celebrat. of the U. S. Coast and Geodetic Survey 1916.

M. Zimmermann. Un appel à l'exploration scientifique de l'Océan Pacific. Ann. de Géogr., Septembre 15, 1916.

Digitized by Google

H. Pettersson. Zur Technik der Dichtigkeitsbestimmung von Meerwasser Ann. d. Hydr. **45**, 19—25, 1917.
C. Lane Poor. Ocean tides, with special reference to the work of the U. S. Coast and Geodetic Survey. Centennial Celebrat. of the U. S. Coast and Geodetic Survey 1916.
De getiyden-theorie van Vice-Admiral Tydeman. De Zee 1916, Nr. 12.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

C. F. Eichleiter und **O. Hackl.** Chemische Untersuchung der Schwefelquelle in Lubatschowitz. Jahrb. d. k k. Geol. Reichsanst. **66**, 1, 73—93, 1916.
C. F. Eichleiter und **O. Hackl.** Chemische Analyse der Heiligenstädter Mineralquelle. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. **66**, 1, 139—144, 1916.
H. Keller. Sinkstoff- und Geschiebeführung in den Wasserläufen der Schweiz. Zentralbl. d. Bauverwaltg., Nr. 95, 1916.
Prof. Dr. **E. Oehlmann.** Die Mündungen von Rhein, Maas und Schelde. Peterm. Mitt. **63**, 81—84, 1917.
Prof. Dr. **L. Henkel.** Das Urflußtal zwischen Bayreuth und Trebgast. Peterm. Mitt. **63**, 88—89, 1917.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Eisüberwachungsdienst bei der Neufundland-Bank 1916. Ann. d. Hydr. **45**, 77, 1917.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **15. August 1917.** **Nr. 15.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 15 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 12. bis 31. Juli 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Max Planck. Eight Lectures on Theoretical Physics. Translated by A. P. Wills. IX u. 130 S. New York, Columbia University Press, 1917 (?). (Preis 1 $.) *

H. E. Hadley. A Manual of Practical Physics. VIII u. 265 S. London, Macmillan & Co., 1917 (?). (Preis 3 s.) *

G. Mahler. Physikalische Formelsammlung. 4. Aufl. Neudruck. Mit 73 Fig. 208 S. Berlin, G. J. Göschen, 1917. (Sammlung Göschen, Nr. 36. (Preis geb. 1 ℳ.) *

Holde. Karl v. Buchka †. Petroleum **12**, 589—591, 1917.

Joseph Larmor. Prof. Gaston Darboux. Nature **99**, 28, 1917.

Sir **William Ramsay.** Born October 2nd, 1852; Died, July 22nd, 1916. Journ. Chem. Soc. **111**, 369—376, 1917.

M. Dolivo-Dobrowolsky. Aus der Geschichte des Drehstromes. (Fortsetzung.) Elektrot. ZS. **38**, 366—369, .1917.

M. Meyerhof. Optische Fragen des Hohenstaufenkaisers Friedrichs II. D. Opt. Wochenschr. 1917, 277—278.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

Harold Heath Gray. A Simple Apparatus for the Washing of Gases. Journ. Chem. Soc. **111**, 179—183, 1917.

Ad. Sieverts und **Rich. Brandt.** Einfacher Apparat zur Bestimmung der Edelgase (Argon). ZS. f. angew. Chem. **29**, 402—404, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 1044—1045.

Digitized by Google

J. **Eggert** und **H. Schimank.** Einige Vorlesungsversuche zur Theorie der Explosivstoffe. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1917. ZS. f. Elektrochem. **23**, 189—192, 1917.

H. Kamerlingh Onnes. Methods and apparatus used in the cryogenic laboratory. XVII. Cryostat for temperatures between 27^0 K and 55^0 K. Proc. Amsterdam **19**, 1049—1058, 1917.

3. Maß und Messen.

D. Brunt. The Combination of Observations. X u. 219 S. Cambridge, At the University Press, 1917. (Preis 8 s.)

Ch. Eug. Guye. L'évolution des phénomènes physico-chimiques et le calcul des probabilités. Journ. chim. phys. **15**, 215—272, 1917.

M. Pirani. Über ein einfaches graphisches Verfahren zur Auffindung der Gleichung einer gegebenen Kurve. S.-A. ZS. f. Vermessungsw. 1917, 137—146.

Karl Scheel. Das Englersche Viskosimeter mit Zehntelgefäß. Petroleum **12**, 873—875, 1917.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

R. C. Fawdry. Dynamics. Part I. VIII, 177 u. IX S. London, G. Bell and Sons, 1916. (Preis 3 s.)

R. Haren. Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre, mit Lösungen. Mit 46 Fig. Neudruck 89 S. Berlin, G. J. Göschen, 1917. (Sammlung Göschen, Nr. 491.) (Preis geb. 1 ℳ.)

A. D. Fokker. The virtual displacements of the electro-magnetic and of the gravitational field in applications of Hamilton's variation principle. Proc. Amsterdam **19**, 968—984, 1917.

G. Herglotz. Zur Einsteinschen Gravitationstheorie. Leipz. Ber. Math.-phys. Kl. **68**, 199—203, 1916.

J. L. und **E. H. Barton.** Thermodynamics and Gravitation. Nature **99**, 44—45, 1917.

P. E. Shaw. Gravitation and Thermodynamics. Nature **99**, 84—85, 1917.

George W. Todd. Gravitation and Thermodynamics. Nature **99**, 104—105, 1917.

F. H. Loring. Gravitational attraction. Chem. News **115**, 181—182, 1917.

Lord Rayleigh. The Le Chatelier-Brain Principle. Journ. Chem. Soc. **111**, 250—252, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

6. Hydromechanik.

J. E. Verschaffelt. The viscosity of liquefied gases. VI. Observations on the torsional oscillatory movement of a sphere in a viscous liquid with finite angles of deviation and application of the results obtained to the determination of viscosities. Proc. Amsterdam **19**, 1062—1073, 1917.

J. E. Verschaffelt. The viscosity of liquefied gases. VII. The torsional oscillatory motion of a body of revolution in a viscous liquid. Proc. Amsterdam **19**, 1073—1079, 1917.

Digitized by Google

J. E. Verschaffelt. The viscosity of liquefied gases. VIII. The similarity in the oscillatory rotation of a body of revolution in a viscous liquid. Proc. Amsterdam **19**, 1079—1084, 1917.

J. E. Verschaffelt and Ch. Nicaise. The viscosity of liquefied gases. IX. Preliminary determination of the viscosity of liquid hydrogen. Proc. Amsterdam **19**, 1084—1088, 1917.

7. Kapillarität.

F. Louis Perrot. Sur la mesure de la tension superficielle au moyen du poids des gouttes. Revue et critique des travaux les plus récents. Journ. chim. phys. **15**, 164—207, 1917.

8. Aeromechanik.

Ludwig Schiller. Schraubenwind und Tragflächen. Ein paar Modellversuche. Leipz. Ber. Math.-phys. Kl. **68**, 179—183, 1916.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

2. Physiologische Akustik.

Rudolf Lindner. Untersuchungen über die Lautsprache zum Artikulationsunterrichte Taubstummer. Leipz. Ber. Math.-phys. Kl. **68**, 137—153, 1916.

H. J. Watt. The Psychology of Sound. VII u. 241 S. Cambridge, At the University Press 1917. (Preis 10 s. 6 d.)

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Walter Nernst. Theoretical Chemistry, from the Standpoint of Avogadro's Rule and Thermodynamics. Revised in accordance with the seventh German edition by H. T. Tizard. XIX u. 853 S. London, Macmillan and Co., Ltd., 1916. (Preis 15 s.)

Alexander Scott. The Atomic Theory, with Especial Reference to the Work of Stas and Prout's Hypothesis. Journ. Chem. Soc. **111**, 288—312, 1917.

Ph. A. Guye. Sur le rapport volumétrique de combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène $2\,H_2 : O_2$ et sur le poids atomique de l'hydrogène. Journ. chim. phys. **15**, 208—214, 1917.

Ch. Eug. Guye. L'évolution des phénomènes physico-chimiques et le calcul des probabilités. Journ. chim. phys. **15**, 215—272, 1917.

W. Bramley. An element which comes down in the iron group. Chem. News **115**, 182—183, 1917.

T. W. Richards and G. Wadsworth. Density of radio-lead from pure norwegian cleveite. Chem. News **115**, 149, 1917.

Prafulla Chandra Ray. Cadmium and Zinc Nitrites. Journ. Chem. Soc. **111**, 159—162, 1917.

Digitized by Google

Samuel Henry Clifford Briggs. The Structure of Inorganic Compounds. Journ. Chem. Soc. **111**, 253—267, 1917.

F. Kehrmann und **Stanislas Hempel.** Konstitution und Farbe. V. Chem. Ber. **50**, 856—872, 1917.

J. Lifschitz und **Heinrich Lourié.** Über den Indigo-Chromophor. Chem. Ber. **50**, 897—906, 1917.

J. Lifschitz. Über den Sättigungszustand von Chromophoren. Bemerkungen zu der Abhandlung von H. Kauffmann. Chem. Ber. **50**, 906—909, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

Alfred Walter Stewart and **Robert Wright.** Solvent Effect and Beer's Law. Journ. Chem. Soc. **111**, 183—187, 1917.

Hans von Euler. Über Löslichkeitsbeeinflussung durch Salze. Nach Versuchen von H. von Euler und Olaf Svanberg. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 192—197, 1917.

F. A. H. Schreinemakers. In-, mono- and divariant equilibria. XV. Proc. Amsterdam **19**, 999—1006, 1917.

Irving Langmuir. Die Verdampfung, Kondensation und Reflexion von Molekülen und der Mechanismus der Adsorption. Teil I. Journ. Franklin Inst. **183**, 101—102, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 2.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

H. R. Kruyt. Current Potentials of Electrolyte solutions. Proc. Amsterdam **19**, 1021—1028, 1917.

Marc Van Laer. Contribution à l'étude des phénomènes de migration électrolytique. Électrolyse des solutions mixtes de sels alcalins. Journ. chim. phys. **15**, 154—163, 1917.

Paul Günther. Einige Studien zum elektromotorischen Verhalten des Bleies. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 197—199, 1917.

Colin G. Fink. Chemical composition versus electrical conductivity. Chem. News **115**, 136—137, 1917.

D. Holde. Weiteres über die elektrische Erregbarkeit von Benzin und ähnlicher feuergefährlicher Flüssigkeiten. Petroleum **12**, 633—636, 1917.

4. Photochemie.

Lüppo-Cramer. Kolloidchemie und Photographie. XLIII. Zur Beschleunigung der Bromsilberreduktion durch Farbstoffe. Kolloid-ZS. **19**, 278—279, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 1056.

5. Thermochemie.

Otto Sackur. A Text-book of Thermo-chemistry and Thermodynamics. Translated and Revised by G. E. Gibson. XVI u. 439 S. London, Macmillan and Co., Ltd., 1917. (Preis 12 s.)

Fritz Ephraim. Über die Natur der Nebenvalenzen. XV. Polyhalogenide. Chem. Ber. **50**, 1069—1088, 1917.

Fritz Ephraim und **Paul Wagner.** Über die Natur der Nebenvalenzen. XVI. Haftintensität des Wassers in Kristallwasserverbindungen. Chem. Ber. **50**, 1088—1110, 1917.

Digitized by Google

Lothar Wöhler. Zur Bestimmung des heterogenen Wasserdampfgleichgewichts besonders über Eisen und Wolfram. Gemeinsam mit W. Prager. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 199—206, 1917.

Max Trautz. Die Molarwärme von Zinkdimethyldampf $(CH_3)_2Zn$, ein Beispiel für Additivität von $C_v - \frac{3}{2}R$. ZS. f. Elektrochem. **23**, 206—212, 1917.

Richard Vernon Wheeler and **Arnold Whitaker.** The Propagation of Flame in Mixtures of Acetone and Air. Journ. Chem. Soc. **111**, 267—272, 1917.

Charles F. Brush and Sir **Robert A. Hadfield.** Spontaneous Generation of Heat in Recently Hardened Steel. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 188—211, 1917.

J. Eggert und **H. Schimank.** Einige Vorlesungsversuche zur Theorie der Explosivstoffe. 23. Hauptvers. D. Bunsen-Ges. Berlin 1916. ZS. f. Elektrochem. **23**, 189—192, 1917.

James Eckersley Myers. Boric Anhydride and its Hydrates. Journ. Chem. Soc. **111**, 172—179, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

V. Goldschmidt. Atlas der Kristallformen. (Etwa 6 Bände.) Bd. III. 2 Teile (Tafeln und Text), 247 Tafeln und 240 S. Text. Heidelberg 1916. (Preis 48 ℳ, in Halbpergamentband 64 ℳ.) *

P. Groth. Chemische Kristallographie. Vierter Teil. Aromatische Kohlenstoffverbindungen mit einem Benzolringe. Mit 828 Figuren im Text. VIII u. 581 S. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1917. (Preis 40 ℳ.) *

Alan W. C. Menzies. Talbot's Observations on Fused Nitre. Nature **99**, 85, 1917.

W. Reinders and **L. Hamburger.** Ultramicroscopic investigation of very thin metal and saltfilms obtained by evaporation in high vacuum. Proc. Amsterdam **19**, 958—968, 1917.

Zay Jeffries. Grain size measurements in metals, and importance of such information. A Paper read before the Faraday Society, May 9, 1916. Chem. News **115**, 193—194, 1917.

Rudolf Ruer und **Franz Goerens.** Das System Eisen—Kupfer. Ferrum, N. F. der „Metallurgie" **14**, 49—61, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 1065.

Alfred Francis Joseph and **William Norman Rae.** Chromium Phosphate. Journ. Chem. Soc. **111**, 196—202, 1917.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

M. Maclean. Electrical Laboratory Course. 120 S. London, Blackie and Son, Ltd., 1917 (?). (Preis 2 s.) *

J. D. van der Waals Jr. On the Energy and the Radius of the Electron. Proc. Amsterdam **19**, 985—987, 1917.

A. Targonski. Effet du bombardement moléculaire sur de très petites particules liquides suspendues dans un gaz. (Suite et fin.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 389—401, 1917.

Digitized by Google

Miss **A. Snethlage.** Experimental Inquiry into the Laws of the Brownian Movement in a Gas. Proc. Amsterdam **19**, 1006—1021, 1917.

A. D. Fokker. The virtual displacements of the electro-magnetic and of the gravitational field in applications of Hamilton's variation principle. Proc. Amsterdam **19**, 968—984, 1917.

Lord **Rayleigh.** The Le Chatelier-Brain Principle. Journ. Chem. Soc. **111**, 250—252, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

D. Holde. Weiteres über die elektrische Erregbarkeit von Benzin und ähnlicher feuergefährlicher Flüssigkeiten. Petroleum **12**, 633—636, 1917.

4. Maße und Meßinstrumente.

E. F. Mueller. Wheatstone bridges and some accessory apparatus for resistance thermometry. Electrician **79**, 64—65. 1917.

E. F. Northrup and **R. G. Sherwood.** A new method of measuring resistivity of molten metals. Electrician **78**, 762—764, 1917. Journ. Franklin Inst. **182**, 477—509, 1916.

W. H. Nottage. The Calculation and Measurement of Inductance and Capacity. 137 S. London, The Wireless Press, Ltd., 1917. (Preis 2 s. 6 d.) *

5. Apparate.

Leopold Klein. Über eine allgemeine Formel für den Dynamobau. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 327—329, 1917.

M. Vidmar. Der Aluminiumtransformator. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 321—327, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

E. F. Northrup and **R. G. Sherwood.** A new method of measuring resistivity of molten metals. Electrician **78**, 762—764, 1917. Journ. Franklin Inst. **182**, 477—509, 1916.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

T. W. Richards and **G. Wadsworth.** Density of radio-lead from pure norwegian cleveite. Chem. News **115**, 149, 1917.

Digitized by Google

G. W. C. Kaye. X-Rays. Second edition. XXI u. 285 S. London, Longmans and Co., 1917 (?). (Preis 9 s.)

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

R. Bown. Characteristics of iron in high-frequency magnetic fields. Electrician **79**, 109, 1917.

L. W. Chubb and **T. Spooner.** Effect of direction of grain on magnetic properties of silicon sheet steel. Electrician **78**, 684—685, 1917.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

Otto Böhm. Rechnerische und experimentelle Untersuchung der Einwirkung von Wanderwellen-Schwingungen auf Transformatoren-Wicklungen. Arch. f. Elektrot. **5**, 383—438, 1917.

M. Dolivo-Dobrowolsky. Aus der Geschichte des Drehstromes. (Fortsetzung.) Elektrot. ZS. **38**, 366—369, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

E. Bennett. High versus low antennae in wireless telegraphy and telephony. Electrician **79**, 18—20, 1917.

Thermionic detectors in wireless telegraphy and telephony. Nature **99**, 105—108, 1917.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

H. Hederich. Ebenflächige optische Körper. D. Opt. Wochenschr. 1917, 275—277,

Joh. Koenigsberger. Vierkeilkolorimeter. Chem.-Ztg. **41**, 329, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 1046.

A. L. Bernoulli. Démonstration d'un colorimètre de précision. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 384—388, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

C. K. Venkata Row. A Fixed System of Grating Interference Bands. Nature **99**, 63—64, 1917.

W. Reinders and **L. Hamburger.** Ultramicroscopic investigation of very thin metal and saltfilms obtained by evaporation in high vacuum. Proc. Amsterdam **19**, 958—968, 1917.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Digitized by Google

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

E. P. Lewis. Recent progress in spectroscopy. Address delivered to Section B — Physics — of the American Association for the Advancement of Science at the New York meeting, December, 1916. Nature **99**, 115—118, 1917.

Alfred Walter Stewart and **Robert Wright.** Solvent Effect and Beer's Law. Journ. Chem. Soc. **111**, 183—187, 1917.

J. Formánek und **J. Knop.** Über den Nachweis der Phenole auf spektroskopischem Wege. ZS. f. anal. Chem. **56**, 273—298, 1917.

F. Kehrmann und **Stanislas Hempel.** Konstitution und Farbe. V. Chem. Ber. **50**, 856—872, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

Fluorescençe and phosphorescence and their use to produce luminous effects. Electrician **79**, 20—21.

8. Physiologische Optik.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Walter Nernst. Theoretical Chemistry, from the Standpoint of Avogadro's Rule and Thermodynamics. Revised in accordance with the seventh German edition by H. T. Tizard. XIX u. 853 S. London, Macmillan and Co., Ltd., 1916. (Preis 15 s.) *

Otto Sackur. A Text-book of Thermo-chemistry and Thermodynamics. Translated and Revised by G. E. Gibson. XVI u. 439 S. London, Macmillan and Co., Ltd., 1917. (Preis 12 s.) *

Franz Seufert. Technische Wärmelehre der Gase und Dämpfe. Eine Einführung für Ingenieure und Studierende. Mit 25 Abbildungen und 5 Zahlentafeln. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1916. *

J. L. und **E. H. Barton.** Thermodynamics and Gravitation. Nature **99**, 44—45, 1917.

P. E. Shaw. Gravitation and Thermodynamics. Nature **99**, 84—85, 1917.

George W. Todd. Gravitation and Thermodynamics. Nature **99**, 104—105, 1917.

Lord **Rayleigh.** The Le Chatelier-Brain Principle. Journ. Chem. Soc. **111**, 250—252, 1917.

2. Kinetische Theorie der Materie.

Miss **A. Snethlage.** Experimental Inquiry into the Laws of the Brownian Movement in a Gas. Proc. Amsterdam **19**, 1006—1021, 1917.

A. Targonski. Effet du bombardement moléculaire sur de très petites particules liquides suspendues dans un gaz. (Suite et fin.) Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 389—401, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

E. F. Mueller. Wheatstone bridges and some accessory apparatus for resist ance thermometers. Electrician **79**, 64—65, 1917.

Digitized by Google

Max Neumann. Temperaturmeßgeräte ohne Platin für hohe Temperaturen. Chem.-Ztg. **41**, 288, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 1046.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

H. Kamerlingh Onnes. Methods and apparatus used in the cryogenic laboratory. XVII. Cryostat for temperatures between 27° K and 55° K. Proc. Amsterdam **19**, 1049—1058, 1917.

H. Kamerlingh Onnes, C. A. Crommelin and **P. G. Cath.** Isothermals of mon-atomic substances and their binary mixtures. XVIII. A preliminary determination of the critical point of neon. Proc. Amsterdam **19**, 1058—1062, 1917.

J. P. Kuenen and **A. L. Clark.** Critical point, critical phenomena and a few condensation-constants of air. Proc. Amsterdam **19**, 1088—1098, 1917.

Gervaise Le Bas. The atomic volumes of oxygen and the halogens at the critical point. Chem. News **115**, 146—147, 1917.

Albert Schmidt. Sur une fonction exponentielle simple applicable à la représentation de plusieurs phénomènes physico-chimiques. Tension de vapeur des corps solides ou liquides, tension de dissociation, constantes d'équilibre, densités des liquides et des vapeurs et rayonnement du corps noir. Journ. chim. phys. **15**, 97—153, 1917.

J. E. Verschaffelt. The viscosity of liquefied gases. VI. Observations on the torsional oscillatory movement of a sphere in a viscous liquid with finite angles of deviation and application of the results obtained to the determination of viscosities. Proc. Amsterdam **19**, 1062—1073, 1917.

J. E. Verschaffelt. The viscosity of liquefied gases. VII. The torsional oscillatory motion of a body of revolution in a viscous liquid. Proc. Amsterdam **19**, 1073—1079, 1917.

J. E. Verschaffelt. The viscosity of liquefied gases. VIII. The similarity in the oscillatory rotation of a body of revolution in a viscous liquid. Proc. Amsterdam **19**, 1079—1084, 1917.

J. E. Verschaffelt and **Ch. Nicaise.** The viscosity of liquefied gases. IX. Preliminary determination of the viscosity of liquid hydrogen. Proc. Amsterdam **19**, 1084—1088, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

Max Trautz. Die Molarwärme von Zinkdimethyldampf $(CH_3)_2Zn$, ein Beispiel für Additivität von $C_v - \frac{3}{2} R$. ZS. f. Elektrochem. **23**, 206—212, 1917.

T. Carlton-Sutton. A Determination of the Heat of Vaporisation of Water at 100° C and One Atmosphere Pressure in Terms of the Mean Calorie. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 155—176, 1917.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Prof. **A. Fowler.** The Classification of Helium Stars. Nature **99**, 25, 1917

1 B. Planeten und Monde.

P. Puiseux et **B. Jekhowsky.** Étude sur la forme générale du globe lunaire. C. R. **164**, 562, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecke.

Prof. **Adolf Keller.** Ein eigenartiger Farbenwechsel beim Sirius. Prometheus **28**, 528, 1917.

The variable Nebula N. G. C. 2261. Nature **99**, 54, 1917.

Ladislav Praćka. Untersuchungen über den Lichtwechsel älterer veränderlicher Sterne. Nach den Beobachtungen von Prof. Dr. Voytěch Šafařik in Prag. Vol. II. Sterne des A. G. Kataloges von $5^{4}21^{m}$ bis 24^{4} A. R. Prag 1916. 180 S. Verlag d. Kgl. Böhmischen Ges. d. Wissensch. in Prag. Kom. von Fr. Rionáč in Prag. *

1 D. Die Sonne.

Prof. **Adolf Keller.** Beobachtungen von Sonnenflecken. Prometheus **28**, 510, 1917.

Zu den jüngsten Sonnenflecken und Ringerscheinungen. Prometheus **28**, 528, 1917.

Effect of Haze on Solar Rotation Measures. Nature **99**, 33, 1917.

1 E. Kometen.

Dr. **Karl Wolf.** Über das Wesen der Kometen. Prometheus **28**, 513—516, 1917.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Prof. Dr. **L. Großmann** †. Ann. d. Hydr. **45**, 85—87, 1917.

Beitrag zur Geschichte des Wetters. Wetter **34**, 108, 1917.

Digitized by Google

Vorschlag zur Errichtung einer Meteorologischen Zentralanstalt in Göteborg. Ann. d. Hydr. **45**, 114—115, 1917.

W. Gallenkamp in München. Versuch einer Bezifferung des Wetters. Wetter **34**, 85—91, 1917.

W. von Kesslitz. Die Meteorologie von Pola nach den Beobachtungen am Hydrographischen Amt der k. und k. Kriegsmarine. Wien. Anz. Nr. 14, S. 167 u. Nr. 16, S. 199—202, 1917.

V. H. Ryd. On Computation of Meteorological Observations. Publikat. fra det Danske met. Inst. Meddelelser No. 3. Kopenhagen 1917. Groß-8°.

W. Knoche und **J. Laub.** Meteorologische und luftelektrische Messungen während der totalen Sonnenfinsternis am 10. Oktober 1912 auf der Facenda Boã Vista bei Christina, Brasilien. 1. Meteorologische Beobachtungen. Terr. Magn. Sept. 1916.

Dr. **W. R. Eckardt,** Essen. Luftdruckverteilung, Winde und Regenfall in Australien. Ann. d. Hydr. **45**, 106—111, 1917.

Observations météorologiques faites à l'Observatoire de Genève pendant le mois de Mars 1917. Arch. sc. phys. et nat. **122**, 353—357, 1917.

Observations météorologiques faites au Grand Saint-Bernard pendant le mois de Mars 1917. Arch. sc. phys. et nat. **122**, 357—360, 1917.

Nils Ekholm. Manadsoversikt av Väderleken i Sverige till lantbrukets tjänst utgiven under Meteorologiska Centralanstaltens inseende. Årgang 37, No. 5, 1917.

P. Heidke. Meteorologische Beobachtungen aus Deutsch-Neuguinea ausschließlich des Inselgebietes der Karolinen, Palau- und Marianen-, sowie der Marschall-Brown- und Providence-Inseln. Teil 1. Zusammenstellung der Monatsmittel bis zum Jahre 1913 an 30 Stationen höherer Ordnung und 18 Regenmeßstationen. Mitt. a. d. Deutsch. Schutzgeb. **30**, 1, 1917.

J. von Hann. Die Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnenwendstein. (September 1907 bis August 1908. Semmering Gebiet.) Ein Beitrag zur Meteorologie der Berggipfel. .Sitzber. Wien. **125**, Abt. IIa, H. 1—2, 1916.

Prof. **G. von Elsner.** Übersicht über die Witterung in Zentraleuropa im Februar 1917. Wetter **34**, 98—100, im März 100—101, 1917.

Die Witterung an der deutschen Küste im Januar und Februar 1917. Ann. d. Hydr. **45**, 118—120 u. 158—160, 1917.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

E. Barkow. Der tägliche Gang der Lufttemperatur in sehr hohen Luftschichten. Ann. d. Hydr. **45**, 157—158, 1917.

Major **E. Gold.** The horizontal Temperature Gradient and the Increase of Wind with Height. Nature **99**, 63, 1917.

R. Wenger. Die Steigegeschwindigkeit der Gummiballone und die Turbulenz in der Atmosphäre. Ann. d. Hydr. **45**, 121—137, 1917.

W. H. Dines. The horizontal Temperature Gradient and the Increase of Wind with Height. Nature **99**, 24, 1917.

Dr. **Franz Ahlgrimm** in Lindenberg. Die Erscheinungen der höheren Luftschichten über Lindenberg im März/April 1917. Wetter **34**, 102—104, 1917.

A. Kopfmüller in Friedrichshafen. Die aerologischen Arbeiten der Drachenstation am Bodensee im März, April 1917. Wetter **34**, 105—107, 1917.

Die Temperatur der oberen Luftschichten im März 1917. Königl. Preuß. Aeronautisches Observatorium Lindenberg und Drachenstation am Bodensee in Friedrichshafen. Kartenbeilage zu Wetter **34**, Heft 5, 1917.

Digitized by Google

2 A3. Luftfahrt und Flugwesen.

Dr. **A. Nagy** in Insbruck. Schwebeflugtheorien. Prometheus **28**, 509—510, 1917.

Emil Knirsch. Tierflug und der erste menschliche Segelflug. Prometheus **28**, 494—495, 1917.

Zö. Der Fallschirm. Prometheus **28**, Beibl. S. 130—131, 1917.

Zö. Passagierfahrten mit Flugmaschinen. Prometheus **28**, 529, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

F. L. Einfluß der Stickstoffgewinnung aus der Luft auf die Zusammensetzung unserer Atmosphäre. Prometheus **28**, 526, 1917.

2 C1. Lufttemperatur.

Dr. **F. Drewes** in Berlin. Die Kälteperiode im Januar und Februar 1917. Wetter **34**, 91—98, 1917.

2 C2. Strahlung.

2 D. Luftdruck.

Porstmann. Die barometrischen Höhenformeln. Prometheus **28**, 507—509, 524—525, 1917.

2 E. Winde und Stürme.

Winkel. Windeinwirkung auf Gewässer. Zentrbl. d. Bauverwaltg. Nr. 9, 1917.

E. Barkow. W. Blair, Das planetare Windsystem. Ann. d. Hydr. **45**, 146—152, 1917.

H. U. Sverdrup. Der nordatlantische Passat. Veröffentl. d. Geophys. Inst. d. Univ. Leipzig. Zweite Serie. Spezialarb. a. d. Geophys. Inst. **2**, Heft 1, Leipzig 1917.

2 F. Wasserdampf.

2 G. Niederschläge.

H. Deslandres. Influence des canonnades intenses et prolongées sur la chute de la pluie. C. R. **164**, 613—615, 1917.

Prof. **G. von Elsner.** Niederschlagsmengen in Zentraleuropa in Millimetern im Februar 1917. Kartenbeilage zu Wetter, **34**, Heft 5, 1917.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

2 I. Meteorologische Optik.

Jaul. L. Mercanton. Un cas de réfraction atmosphérique. Arch. sc. phys. et nat. **122**, 341, 1917.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

2 M. Praktische Meteorologie.

Digitized by Google

2 N. Kosmische Meteorologie.

Prof. **K. Rudel** in Nürnberg. Der Mond und das Wetter. Wetter **34**, 107—108, 1917.

Meteorology and the Solar Constant. Nature **99**, 173, 1917.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

M. Raclot. The origin of terrestrial magnetism. Nature **99**, 39, 1917.

J. P. Ault. Magnetic declinations and chart corrections observed on the „Carnegie" from Lyttelton to South Georgia, and thence to Lyttelton to Pago Pago December 1915 — June 1916. Terr. Magn. September 1916.

H. Arctowski. The heliographic positions of the sun spots and magnetic storms. Nature **99**, 39, 1917.

H. Morize. Results of geographic and magnetic Survey of the southern part of Brazil 1913—1915. Terr. Magn. September 1916.

C. Chree. The magnetic Storm of August 22, 1916. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 177—187, 1917.

G. von Dijk. Magnetic Observations at De Bilt relating to the solar eclipse of August 21, 1914. Terr. Magn. September 1916.

Carl Störmer. Sur les drapéries d'aurores boréales. Arch. sc. phys. et nat **122**, 285—295, 1917.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

Dr. **K. Wünschmann.** Die Behrmannsche Auffassung von der Oberflächengestaltung des Harzes. Peterm. Mitt. **63**, 120—122, 1917.

Digitized by Google

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Dr. **Bruno Schulz.** Die Beurteilung des vertikalen Gleichgewichts am Meere. Ann. d. Hydr. **45**, 93—106, 1917.
Dr. **Bruno Schulz.** Quantitative Bestimmung der im Meerwasser gelösten Phosphorsäure. Ann. d. Hydr. **45**, 115—116, 1917.
H. Pettersson. Zur Technik der Dichtigkeitsbestimmung von Meerwasser. Ann. d. Hydr. **45**, 87—93, 1917.
J. von Roon. De theorie der getijden. Marineblad No. 5 1916/17.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

Prof. Dr. **W. Halbfaß.** Über wieviel Wasserkräfte verfügt Deutschland in Wirklichkeit? Peterm. Mitt. **63**, 105—108, 1917.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Paul L. Mercanton. Quarante années de mensurations au glacier du Rhône. Arch. sc. phys. et nat. **122**, 342, 1917.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. — 30. August 1917. — Nr. 16.

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 16 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 12. August 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Édouard Sarasin. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 4 S., 1917.

M. Dolivo-Dobrowolsky. Aus der Geschichte des Drehstromes. (Schluß.) Elektrot. ZS. **38**, 376—377, 1917.

F. Klein. Bericht über den Stand der Herausgabe von Gauß' Werken. Zwölfter Bericht. S.-A. Göttinger Nachr. Geschäftl. Mitt., 1917, Heft 1, 5 S.

R. T. Glazebrook. Wissenschaft und Industrie in Beziehung zur Tätigkeit des (englischen) Physikalischen Staatslaboratoriums. Eng. Mech. and World **104**, 409, 1916. [ZS. d. D. Ges. f. Mech. u. Opt. 1917, 100—112.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

G. A. Maggi. A proposito della spiegazione di una dimostrazione da scuola. Cim. (6) **12**, 213—214, 1916.

G. Hoffmann. Isothermischer Raum mit Gasheizung. Phys. ZS. **18**, 321 322, 1917.

P. Chevenard. Dilatomètre differentiel enregistreur. C. R. **164**, 916—918, 1917.

3. Maß und Messen.

K. Lüdemann. Über regelmäßige Fehler bei Zehntelschätzungen (Teil I). Mitt. d. Vereinig. v. Freunden der Astron. u. Kosm. Physik **26**, 1—11, 1916. [ZS. f. Instrkde. **37**, 155—160, 1917.

K. Lüdemann. Ablesefehler am Nonius einer Winkeltrommel mit 2′-Angabe. ZS. f. Vermessungsw. **45**, 274, 1916. [ZS. f. Instrkde. **37**, 158, 1917.

Digitized by Google

Wilh. Breithaupt. Über Herstellung der ersten Endmaße für die Normal-Eichungskommission in Berlin im Jahre 1869. ZS. d. D. Ges. f. Mech. u. Opt. 1917, 109—110.

F. Göpel. Mikroskop-Fühlhebel für Schrauben-Meßmaschinen. ZS. f. Instrkde. **37**, 142—145, 1917.

H. Böhler. Über die Verwendbarkeit von Koinzidenz-Entfernungsmessern bei kolonialen Vermessungen. Mitt. a. d. d. Schutzgebieten (Wiss. Beil. z. D. Kolonialbl.) **29**, 39, 1916. [ZS. f. Instrkde. **37**, 157—158, 1917.

Ch. Ed. Guillaume. Changement de la dilatation des alliages de fer et de nickel sous l'action de divers traitements thermiques ou mécaniques. C. R. **164**, 904—906, 1917.

Ch. Ed. Guillaume. Nouvelles recherches sur la dilatabilité de l'invar. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 453—472, 1917.

Georg Schlesinger. Die Passungen im Maschinenbau. Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ingenieurw. **193**, **194**, 90 S., 1917.

J. Zingler. Über die Empfindlichkeit zusammengesetzter Wagen mit Berücksichtigung der Durchbiegung der Hebel. Nachtrag. ZS. f. Instrkde. **37**, 145—150, 1917.

A. Spiess. Ein Geschwindigkeitsmesser für heiße und unreine Gase. 47 S. Danzig 1916.

R. Süring. Über den Einfluß der Kuppenhöhe auf Barometerangaben. S.-A. Veröffentl. Kgl. Preuß. Met. Inst. Nr. 292, 24—42, 1917.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

David Hilbert. Die Grundlagen der Physik. (Zweite Mitteilung.) Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl. 1917, 53—76.

H. Duport. La loi de l'attraction universelle. C. R. **164**, 945—946, 1917.

E. Jablonski. Contribution à l'étude du cas le plus général du choc dans un système de points matériels soumis à la loi de Newton. C. R. **164**, 995—997, 1917.

Takehiko Matukuma. Singular Points in the Problem of Two Bodies. Proc. Tôkyô Math.-Phys. Soc. (2) **9**, 116—128, 1917.

Maurice Sauger. Sur la durée de chute d'une pierre au centre de la Terre. C. R. **164**, 954—957, 1917.

Viktor Kutter. Kritik an der üblichen elementaren Anwendung des Parallelogrammgesetzes auf die Bewegungsvorgänge am Segel. Die Naturwissenschaften **5**, 507—508, 1917.

Paul S. Epstein. Hamilton-Jacobische Funktion und Quantentheorie. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 116—129, 1917.

A. Korn. Mechanische Theorien des elektromagnetischen Feldes. Phys. ZS. **18**, 323—326, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Mesnager. Solution du problème de la plaque rectangulaire épaisse posée, chargée d'un poids unique en son milieu. C. R. **164**, 721—724, 1917.

H. Kessler. Untersuchungen zur Berührung fester elastischer Körper. 64 S. Jena 1916.

Ch. Ed. Guillaume. Nouvelles recherches sur la dilatabilité de l'invar. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 453—472, 1917.

M. Einhorn-Bodzechowski. Sur le frottement intérieur des fils de Quartz aux basses températures. 68 S. Genf 1916.

Digitized by Google

6. Hydromechanik.

D. **Spataro.** Trattato teorico e pratico di Idromeccanica. Vol. I. Basi fisiche dell' Idromeccanica, libro I. Proprietà generali dei liquidi. 448 S. Milano, Ulrico Hoepli, 1915. (Preis 10 L.)

H. **Lorenz.** Die Abhängigkeit des Luft- und Wasserwiderstandes von der Geschwindigkeit. (Nachtrag). Phys. ZS. **18**, 290, 1917.

De **Sparre.** Au sujet des coups de bélier dans une conduite formée de trois sections de diamètres différents pour lesquelles la durée de propagation est la même. C. R. **164**, 683—686, 1917.

G. **de Marchi.** Teorie e realtà di alcuni fenomeni idraulici e in particolare dei movimenti turbolenti. Cim. (6) **12**, 267—283, 1916.

J. **Boussinesq.** Hypothèses fondamentales de la mécanique des masses pulvérulentes. C. R. **164**, 657—663, 1917.

J. **Boussinesq.** Orientation des pressions principales, dans l'état ébouleux (par déformations planes), d'une masse sablonneuse pesante à profil supérieur rectiligne. C. R. **164**, 698—703, 1917.

J. **Boussinesq.** Solutions du problème de la poussée voisines de celle de Rankine et Maurice Lévy, pour les massifs sablonneux et les murs de soutènement à profil rectiligne. C. R. **164**, 755—761, 1917.

J. **Boussinesq.** Intercalation d'un massif sablonneux homogène donné, mais dont l'état ébouleur a ses équations inintégrables, entre deux certains massifs hétérogènes de même figure, qui se prêtent facilement aux calculs d'équilibre-limite. C. R. **164**, 873—878, 1917.

J. **Boussinesq.** Équilibre-limite (par détente) d'une masse sablonneuse à profil supérieur rectiligne, et que soutient en avant une mince paroi plane verticale, mobile autour de sa base. C. R. **164**, 929—935, 1917.

7. Kapillarität.

F. **Louis Perrot.** Considérations sur la mesure de la tension superficielle des liquides au moyen du poids de leurs gouttes. Arch. sc. phys. et nat. (4) **18**, 476—486, 1917.

W. **Halbfaß.** Die Anomalie der Wasseroberfläche. Die Naturwissenschaften **5**, 496—497, 1917.

R. **Süring.** Über den Einfluß der Kuppenhöhe auf Barometerangaben. S.-A. Veröffentl. Kgl. Preuß. Met. Inst. Nr. 292, 24—42, 1917.

8. Aeromechanik.

H. **Lorenz.** Die Abhängigkeit des Luft- und Wasserwiderstandes von der Geschwindigkeit. Nachtrag. Phys. ZS. **18**, 290, 1917.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

E. **Budde.** Bemerkungen zu zwei Arbeiten von E. Waetzmann. Phys. ZS. **18**, 285—290, 1917.

2. Physiologische Akustik.

A. L. **Bernoulli.** Anmerkungen zur Resonanztheorie des Hörens. Phys. ZS. **18**, 317—319, 1917.

E. **Budde.** Zur Resonanztheorie des Hörens. (Antwort auf die Anmerkungen des Herrn Bernoulli.) Phys. ZS. **18**, 319—321, 1917.

Digitized by Google

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

W. Kossel. Über Valenztätigkeit und Lichtbrechung. S.-A. Münchener Ber. 1917, 127—129.

V. Kohlschütter. Die Erscheinungsformen der Materie. Vorlesungen über Kolloidchemie. X u. 348 S. Leipzig 1917. (Preis 7 ℳ.)

K. Fajans. Die Nomenklatur der Radioelemente. ZS. f Elektrochem. **23**, 250—257, 1917.

K. Grossmann. Einige physikalische Eigenschaften des kolloiden Eisens 64 S. Erlangen 1916.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

Richard Zsigmondy. Über Koagulation und Teilchenattraktion. Göttinger Nachr., Math.-phys.Kl. 1917, 1—43.

Amand Valeur. Sur une anomalie de solubilité de la spartéine. C. R. **164**, 818—820, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

Jûichi Obata. Further Studies on the Silver Voltameter. Proc. Tôkyô Math.-Phys. Soc. (2) **9**, 129—140, 1917

St. Procopiu. Sur la concentration des électrolytes au voisinage des électrodes. C. R. **164**, 725—727, 1917.

L. Décombe. Influence de la température sur les phénomènes électrocapillaires. C. R. **164**, 808—811, 1917.

4. Photochemie.

E. Warburg. Über die Anwendung der Quantenhypothese auf die Photochemie. Die Naturwissenschaften **5**, 489—494, 1917.

Erich Lehmann. Die neueren Fortschritte der photographischen Chemie. D. Opt. Wochenschr. 1917, 293—295.

5. Thermochemie.

Irving Langmuir. Die Dissoziation des Wasserstoffes in Atome. II. Berechnung des Dissoziationsgrades und der Bildungswärme. ZS. f. Elektrochem. **23**, 217—243, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

V. M. Goldschmidt. Über die Struktur der Kristalle. Forhandl. Videnskapsselsk. Kristiania 1915, No. 3, 27 S.

Hermann Tertsch. Bemerkungen zur Ableitung der Kristallgitterstrukturen aus dem Röntgen-Laue-Effekt. Tschermaks min. u. petr. Mitt. (2) **34**, 1—22, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917 [2] 78.

P. Debye und **P. Scherrer.** Interferenzen an regellos orientierten Teilchen im Röntgenlicht. III. Phys. ZS. **18**, 291—301, 1917.

Albert Brun. Note sur l'application du spectroscope à la minéralogie et à la pétrographie suisses. Arch. sc. phys. et nat. (4) **18**, 487—501, 1917.

Digitized by Google

H. Le Chatelier et **F. Bogitch.** Sur les propriétés réfractaires de l'argile. C. R. **164**, 761—767, 1917.

P. Chevenard. Anomalie de la cémentite dans les aciers au carbone recuits, trempés et demi-trempés. C. R. **164**, 1005—1008, 1917.

Garvin et **Portevin.** Étude expérimentale du refroidissement de divers métaux par immersion dans l'eau. C. R. **164**, 783—786, 1917.

Portevin et **Garvin.** Influence de la vitesse de refroidissement sur la température de transformation et la structure des aciers au carbone. C. R. **164**, 885—888, 1917.

Ch. Ed. Guillaume. Changements de la dilatation des alliages de fer et de nickel sous l'action de divers traitements thermiques ou mécaniques. C. R. **164**, 904—906, 1917.

Ch. Ed. Guillaume. Nouvelles recherches sur la dilatabilité de l'invar. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 453—472, 1917.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

A. Korn. Mechanische Theorien des elektromagnetischen Feldes. Phys. ZS. **18**, 323—326, 1917.

Walter König. Berichtigung zu dem Aufsatze: Der Streit um das Elektron. Die Naturwissenschaften **5**, 497—498, 1917.

Karl Glitscher. Spektroskopischer Vergleich zwischen den Theorien des starren und des deformierbaren Elektrons. Ann. d. Phys. (4) **52**, 608—630, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

R. Seeliger. Über das Sättigungspotential von Zylinderkondensatoren. Phys ZS. **18**, 326—330, 1917.

L. Décombe. Influence de la température sur les phénomènes électrocapillaires. C. R. **164**, 808—811, 1917.

4. Maße und Meßinstrumente.

Wilhelm Jaeger. Elektrische Meßtechnik. Theorie und Praxis der elektrischen und magnetischen Messungen. XXVI u. 533 S. mit 583 Abbildungen im Text. Leipzig, Verlag von Johann Ambrosius Barth, 1917. (Preis geb. 23 ℳ.) *

C. M. Smith. Electric and Magnetic Measurements. New York 1917. *

Emerich Békefy. Das mehrfache Braunsche Eektrometer. ZS. f. Instrkde. **37**, 151—153, 1917.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter. Nr. 116. Elektrot. ZS. **38**, 387, 1917; Nr. 117, ebenda S. 387—388; Nr. 118, ebenda S. 399.

5. Apparate.

The Svedberg. Über einen großen Elektromagnet einfacher Bauart. Ann. d. Phys. (4) **52**, 657—664, 1917.

Digitized by Google

O. Grotrian. Die Geometrie der Gleichstrommaschine. IV u. 130 S. Berlin, Springer, 1917. (Preis 6 ℳ.)

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

M. la Rosa. L'effetto termoelettrico nella coppia carbone-platino. Cim. (6) **12**, 284—301, 1916.

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

W. Richenbacher. Leitfähigkeitsmessungen in Seifelamellen. 34 S. Basel 1916.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

R. Seeliger. Über das Sättigungspotential von Zylinderkondensatoren. Phys. ZS. **18**, 326—330, 1917.

Auguste Righi. Sur l'ionisation par les rayons X en champ magnétique. C. R. **164**, 938—940, 1917.

A. Righi. Sulla ionizzazione prodotta dai raggi X nel campo magnetico. Cim. (6) **12**, 241—266, 1916.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

M. Wolfke. Eine Solarisationsmethode zur Messung der Zerstreuung der Kanalstrahlen. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 111—115, 1917.

K. Fajans. Die Nomenklatur der Radioelemente. ZS. f. Elektrochem. **23**, 250—257, 1917.

Hans Th. Wolff. Theoretische Betrachtungen über den Ursprung der schnellsten β-Strahlen. Ann. d. Phys. (4) **52**, 631—648, 1917.

M. et Mme A. Laborde. A propos d'une Note de M. M. Debierne et Regaud sur l'emploi de l'émanation du radium condensée en tubes clos. C. R. **164**, 811—813, 1917.

R. Glocker. Die Meßmethoden der Röntgenstrahlen. Phys. ZS. **18**, 302—315, 330—338, 1917.

R. Ledoux-Lebard et A. Dauvillier. Contribution à l'étude des séries L des éléments de poids atomique élevé. C. R. **164**, 687—690, 1917.

Manne Siegbahn. Emissions- und Absorptionsspektren der Röntgenstrahlen. Die Naturwissenschaften **5**, 513—519, 1917

P. Debye und P. Scherrer. Interferenzen an regellos orientierten Teilchen im Röntchenlicht. III. Phys. ZS. **18**, 291—301, 1917.

H. Seemann. Biprismen für Röntgenstrahlenhärtemesser. Erwiderung auf die Bemerkung von J. Koenigsberger in Heft 2 dieses Jahrgangs. Phys. ZS. **18**, 291, 1917.

Auguste Righi. Sur l'ionisation par les rayons X en champ magnétique. C. R. **164**, 938—940, 1917.

A. Righi. Sulla ionizzazione prodotta dai raggi X nel campo magnetico. Cim. (6) **12**, 241—266, 1916.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

Digitized by Google

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

Elena Freda. Sulla variazione di resistenza elettrica di un conduttore sottoposto all'azione di un campo magnetico. Cim. (6) **12**, 177—193, 1916.

Olaf Devik. Existe-t-il une influence du champ statique magnétique sur le champ électrostatique? Skrifter Videnskapsselsk. Kristiania 1915, No. 9, 10 S.

Ludwig Binder. Wanderwellen an Freileitungen und in Kabeln. Elektrot. ZS. **38**, 381—385, 395—399, 1917.

Johann Lißner. Zur Theorie der Umformer. Elektrotechn. u. Maschinenb. **35**, 351—353, 362—364, 1917.

M. Dolivo-Dobrowolsky. Aus der Geschichte des Drehstromes. (Schluß.) Elektrotechn. ZS. **18**, 376—377, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

Maria Ernst. Neue Untersuchungen über den Einfluß von Gasen auf den lichtelektrischen Effekt der Metalle. 29. S. Diss. München 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

D. N. Mallik. Optical Theories. Cambridge 1917.

Paul S. Epstein. Hamilton-Jacobische Funktion und Quantentheorie. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 116—129, 1917.

Philipp Frank. Anwendung der Vektorrechnung auf die geometrische Optik in bewegten Körpern. Ann. d. Phys. (4) **52**, 649—656, 1917.

M. v. Laue. Bandenspektrum und molekulare Quantendrehungen. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 130—138, 1917.

Karl Glitscher. Spektroskopischer Vergleich zwischen den Theorien des starren und des deformierbaren Elektrons. Ann. d. Phys. (4) **52**, 608—630, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

Albert Brun. Note sur l'application du spectroscope à la minéralogie et à la pétrographie suisses. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 487—501, 1917.

H. Seemann. Biprismen für Röntgenstrahlenhärtemesser. Erwiderung auf die Bemerkung von J. Koenigsberger in Heft 2 dieses Jahrgangs. Phys. ZS. **18**, 291, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

W. Kossel. Über Valenztätigkeit und Lichtbrechung. S.-A. Münchener Ber. 1917, 127—129.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

Richard Zsigmondy. Über Koagulation und Teilchenattraktion. Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl. 1917, 1—43.

Digitized by Google

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Walter König. Über einige Fälle künstlicher Doppelbrechung in zylindrischen Körpern. Ann. d. Phys. (4) **52**, 553—607, 1917.

M. Goldschlag. Über die optischen Eigenschaften der Epidote. Tschermaks min. u. petr. Mitt. (2) **34**, 23—60, 1915. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 78—79.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

M. v. Laue. Bandenspektrum und molekulare Quantendrehungen. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 130—138, 1917.

A. Krebs. Das Bogenspektrum des Kobalt, gemessen nach internationalen Normalen. 35 S. Bonn 1916.

Catalan. Contribution à l'étude du spectre du magnésium. Ann. Soc. Esp. Ph. Ch. **14**, 584—596, 1916. [Bull. soc. chim. (4) **22**, 291—292, 1917.

Massol et **Faucon.** Absorption des radiations ultraviolettes par les dérivés iodés du méthane. C. R. **164**, 813—816, 1917.

M. Kemp. Die ultraviolette Bandenabsorption einiger Biderivate des Benzols. 35 S. Bonn 1916.

Manne Siegbahn. Emissions- und Absorptionsspektren der Röntgenstrahlen. Die Naturwissenschaften **5**, 513—519, 1917.

R. Ledoux-Lebard et **A. Dauvillier.** Contribution à l'étude des séries L de poids atomique élevé. C. R. **164**, 687—690, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

Gustave Michaud et **J. Fidel Tristan.** Influence de la distorsion sur la perception monoculaire de la profondeur aux petites distances. Arch. sc. phys. et nat. (4) **18**, 473—475, 1917.

R. Greeff. Die Wirkung von ultraroten Strahlen auf das Auge und Schutzgläser gegen ultrarote Strahlen. Ein Sammelbericht. D. Opt. Wochenschr. 1917, 284—286.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Léon Schames. Zur Thermodynamik des Drosselvorgangs. Bemerkung zur Erwiderung von R. Plank. Phys. ZS. **18**, 291, 1917.

E. Ariès. Sur la valeur absolue de l'entropie et de l'énergie. C. R. **164**, 774—776, 1917.

E. Ariès. Sur la chaleur spécifique des fluides maintenus à l'état de saturation. C. R. **164**, 986—991, 1917.

G. Guglielmo. Sulle leggi di Poisson e dello stato aeriforme in relazione al primo principio di termodinamica. Cim. (6) **12**, 145—156, 1916.

G. Guglielmo. Intorno ad alcuni modi di calcolare l'esperienza di Clément e Desormes e di dedurne l'equivalente meccanico della caloria. Cim. (6) **12**, 195—212, 1916.

Digitized by Google

2. Kinetische Theorie der Materie.

Carlo del Lungo. Sulla teoria cinetica dei gas. Note critiche. Cim. (6) **12**, 166—176, 1916.
Carlo del Lungo. Sulla teoria cinetica dei gas. Note critiche. II. La Legge di Maxwell. Cim. (6) **12**, 215—230, 1916.
Richard Zsigmondy. Über Koagulation und Teilchenattraktion. Göttinger Nachr., Math.-phys. Kl. 1917, 1—43.

3. Thermische Ausdehnung.

Ch. Ed. Guillaume. Changements de la dilatation des alliages de fer et de nickel sous l'action de divers traitements thermiques ou mécaniques. C. R. **164**, 904—906, 1917.
Ch. Ed. Guillaume. Nouvelles recherches sur la dilatabilité de l'invar. Arch. sc. phys. et nat. (4) **43**, 453—472, 1917.
A. Leduc. Dilatabilité de l'argon et du néon. Pression interne dans les gaz monatomiques. C. R. **164**, 1003—1005, 1917.
P. Chevenard. Dilatomètre differentiel enregistreur. C. R. **164**, 916—918, 1917.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

A. Leduc. Dilatabilité de l'argon et du néon. Pression interne dans les gas monatomiques. C. R. **164**, 1003—1005, 1917.
E. Ariès. Sur la valeur absolue de l'entropie et de l'énergie. C. R. **164**, 774—776, 1917.
E. Ariès. Sur la chaleur spécifique des fluides maintenus à l'état de saturation. C. R. **164**, 986—991, 1917.
H. Le Chatelier et **F. Bogitch.** Sur les propriétés réfractaires de l'argile. C. R. **164**, 761—767, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

E. Ariès. Sur la chaleur spécifique des fluides maintenus à l'état de saturation. C. R. **164**, 986—991, 1917.

7. Wärmeleitung.

Garvin et **Portevin.** Étude expérimentale du refroidissement de divers métaux par immersion dans l'eau. C. R. **164**, 783—786, 1917.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Prof. **E. P. Lewis.** Recent Progress in Spectroscopy. Nature **99**, 115—118, 1917.

1 B. Planeten und Monde.

Photographs of Jupiter. Nature **99**, 112, 1917.

Ph. Fauth. Neubildung auf Jupiter. Astr. Nachr. **204**, 428—429, 1917.

H. E. Lau, Hörsholm. Beobachtungen des Planeten Mars. Astr. Nachr **204**, 297—322, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

M. Wolf. Eigenbewegungssterne. Astr. Nachr. **204**, 345—350, 1917.

L. Courvoisier. Über Veränderlichkeit der Eigenbewegung von δ-Cassiopeiae. Astr. Nachr. **204**, 329—340, 1917.

M. Wolf. Über einige Veränderliche in Auriga. Astr. Nachr. **204**, 295—296, 1917.

Neuer Veränderlicher 6. 1917 Cygni. Astr. Nachr. **204**, 294, 1917.

1 D. Die Sonne.

Th. Epstein, Frankfurt a. M. Rotationselemente der Sonne. Astr. Nachr. **204**, 352—358, 1917.

1 E. Kometen.

Dr. **Karl Wolf.** Über das Wesen der Kometen. (Schluß.) Prometheus **28**, 531—534, 1917.

1 F. Meteore und Meteoriten.

Bright Meteors in March. Nature **99**, 112, 1917.

Josef Sedláček. Beobachtungen von Meteoren 1916. Astr. Nachr. **204**, 324—328, 1917.

H. Svoboda. Über die Dichtigkeit der Verteilung der Meteore in den Meteorströmen. Astr. Nachr. **204**, 340—342, 1917.

1 G. Zodiakallicht.

Digitized by Google

2. Meteorologie.

2 A_1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

L. Krüger. Friedrich Robert Helmert. Astr. Nachr. **204**, 398—399, 1917.

D. W. Horner. The C. G. S. system in modern meteorology. Naut. Mag. 1917. January and February.

Ch. Davison. Sound areas of great explosions. Nature 1917. Jan. 25.

Die Witterung an der deutschen Küste im März 1917. Ann. d. Hydr. **45**, 198—200, 1917.

Observations météorologiques faites à l'Observatoire de Genève pendant le mois d'Avril 1917. Arch. sc. phys. et nat. **122**, 441—445, 1917.

Observations météorologiques faites au Grand Saint-Bernard pendant le mois d'Avril 1917. Arch. sc. phys. et nat. **122**, 445—448, 1917.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

E. Barkow. Drachenaufstiege über der großen Neufundlandbank und ihrer Nachbarschaft. Ann. d. Hydr. **45**, 191—192, 1917.

W. H. Dines. The horizontal temperature gradient and the increase of sound with height. Nature, Jan. 25, 1917.

W. van Bemmelen. Results of registering-balloon ascents at Batavia. Verhandel. Magnet en Meteorol. Observat. Batavia, Nr. 4, 1916.

E. Everling. Die Luftfahrzeuge als aerologisches Forschungsmittel. Naturwissensch. 1917, Nr. 15.

2 A_3. Luftfahrt und Flugwesen.

G. H. Bryan. Aeronautical theories. Nature, Jan. 25, 1917.

Gagelmann. Böen und Flieger. Deutsche Luftfahrer-ZS., Nr. 1/2, 1917.

Geplanter Luftpostverkehr in Spanien. Prometheus **28**, Beibl., 149, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

W. Krebs, Schnelsen. Aschenverbreitung in der Erdatmosphäre durch Hochströmungen planetarer Art. Astr. Nachr. **204**, 342—344, 1917.

2 C_1. Lufttemperatur.

A. Stentzel. Die Kälteperioden des Winters 1916/17. Astr. ZS., Nr. 4, 1917.

Dr. **S.** Kälteverteilung und topographische Verhältnisse. Prometheus **28**, 608, 1917.

De nawinter 1916—17 en de statistik van Dr. Gaston. Hemel en Dampkring, Maart, 1917.

2 C_2. Strahlung.

2 D. Luftdruck.

Die dritteltägige Luftdruckschwankung. Ein neues Gesetz der Atmosphäre. Astr. ZS. 1917, Nr. 4.

Digitized by Google

Dr. **J. Schneider** in Darmstadt. Die Wiederkehr der jährlichen und monatlichen Änderungen des Luftdruckes über Mitteleuropa. Ann. d. Hydr. **45**, 162—186, 1917.

2 E. Winde und Stürme.

P. H. Gallé. Cyclonen in de Arabische Zee. Mededeel. en Verhandl. Nederl. Met. Inst., Nr. 21 (1916).

2 F. Wasserdampf.

Major G. J. Taylor. The formation of mist and fog. Roy. Met. Soc. Nature **99**, 98, 1917.

Die Wellenzirren des Sommers 1916. Prometheus **28**, 608, 1917.

2 G. Niederschläge.

H. J. Lulofs. Aristoteles en Seneca over atmospherischen neerslag. Hemel en Dampkring 1917, Maart.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

2 I. Meteorologische Optik.

A. Stentzel. Die große Dämmerungsstörung 1916/17. Astr. ZS., Nr. 3, 1917.
W. Krebs. Atmosphärische Polarisation. Astr. Nachr. **204**, 414, 1917.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

F. M. Exner. Dynamische Meteorologie. IX, 308 S. 68 Textfig. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1917. 15 *M*.

2 M. Praktische Meteorologie.

2 N. Kosmische Meteorologie.

A. Stentzel. Sonnenflecke und Sommerwetter. Astr. ZS., Nr. 3, 1917.
Otto Meißner, Potsdam. Über die Beziehung der Temperatur zur Sonnenfleckenperiode. Ann. d. Hydr. **45**, 186—191, 1917.
Durch die jüngsten Sonnenflecken verursachte Erscheinungen auf der Erde. Prometheus **28**, 559—560, 1917.
O. Pettersson. Om månens inflytande på klimat och väderlek. Ymer 1916, No. 2.

2 O. Meteorologische Apparate.

Mc Adie. A new thermometer scale. Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A. **2**, Nr. 12.

2 P. Klimatologie.

M. Marquardsen. Der gegenwärtige Stand der klimatischen Erforschung Angolas. Mitteil. a. d. Deutschen Schutzgebieten **30**, Heft 2.

Digitized by Google

N. J. Föyn. Das Klima von Bergen. II. Teil. Lufttemperatur. Bergens Museum Aarbok 1916.
Klima und Bodenverhältnisse im Getreidegebiete von Rußland. Prometheus **28** 544, 1917.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

F. Kühnert. Zur Frage der Polhöhenschwankungen. Astr. Nachr. **204**, 361—396, 1917.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

L. Courvoisier. Beobachtung eines Erdbebens auf der Sternwarte Berlin-Babelsberg. Astr. Nachr. **204**, 322—324, 1917.
G. van Dijk. De seismische storing van 2. April 1916. Hemel en Dampkring 1917. Februari.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

C. Chree. The magnetic Storm of August 22, 1916. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 177—187, 1917.
G. Thomson. Inferences concerning auroras. Proc. Nat. Acad. of Sc. 1917. January.
A. L. Cortie. The aurora, magnetic storm and sun spot of January 4. Nature 1917. Jan. 25.
G. van Dijk. Noorderlicht op 15. Febr. 1917. Hemel en Dampkring 1917. Maart.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

H. Peters. Ebbe und Flut in gemeinverständlicher Darstellung. 8^0. 63 S. 16 Abbildungen. Selbstverlag des Verfassers. Auf dem Schnee bei Herdecke, Westfalen, 1917. Ref.: G. Wegemann, Kiel. Ann. d. Hydr. **45**, 194—195, 1917.

Digitized by Google

G. F. Tydemann. De fout in de theorie der getijkrachten en in de van de maansbeweging. Marineblad, 31. Jahrg., Nr. 6.

van Roon. De getijtheorie volgens den heer G. F. Tydemann. Marineblad, 31. Jahrg., Nr. 6.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

G. Götzinger. Die Lunzer Seen. Bericht über die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Aufnahmen im Arbeitsgebiete der Biologischen Station Lunz. I. Teil. Physik. B. Hydrographie der Lunzer Seen. 3. Heft: Eisverhältnisse. „Internat. Revue d. Hydrobiolog. u. Hydrogr." Hydrorg. Suppl. z. Bd. 7.

Prof. Dr. **Wilhelm Salomon,** Heidelberg. Über einige im Kriege wichtige Wasserverhältnisse des Bodens und der Gesteine, Für Geologen, Pioniere, Truppenoffiziere und Truppenärzte. München, R. Oldenbourg, 1917. 52 S. 3 Abbild. Preis 1,20 ℳ. Ref.: E. T. Billig. Prometheus **28**, Beibl., 155, 1917.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Dr. **W. Brennecke.** Die Eisverhältnisse der nordpolaren Meere im Jahre 1916. Ann. d. Hydr. **45**, 192—193 1917.

A. Hoel. L'état des glaces autour du Spitzberg pendant l'été 1915. La Géogr., 31. Jahrg., Nr. 3.

Raoul Gautier. La neige à Genève (1857—1917) et revue de quelques hivers à neige spécialement de l'hiver 1714—1785. Arch. sc. phys. et nat. **122**, 361—384, 1917.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **15. September 1917.** **Nr. 17.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 17 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 13. bis 31. August 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

H. Börner. Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der Realgymnasien und Oberrealschulen, sowie zur Einführung in das Studium der neueren Physik. 7. Aufl., unter Mitwirkung von G. Mohrmann. XV u. 504 S. Berlin 1917. (Preis 6,40 ℳ.) *

Oskar Viedebantt. Forschungen zur Metrologie des Altertums. Abh. Sächs. Akad. d. Wiss., Phil.-hist. Kl., **34**, Nr. 3, VIII u. 184 S., 1917. (Preis 7,20 ℳ.)

E. F. Northrup. Laws of Physical Science. Reference book. Philadelphia 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

H. Kost. Ein Pendelversuch für das physikalische Praktikum. Phys. ZS. **18**, 341, 1917.

Chas. T. Knipp. An improved high vacuum mercury vapor pump. Phys. Rev. (2) **9**, 311—313, 1917.

C. Ibrügger. Philosophische Fragen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht **48**, 225—241, 1917.

3. Maß und Messen.

Richard C. Tolman. The measurable quantities of physics. Phys. Rev. (2) **9**, 237—253, 1917.

Harry M. Roeser. Note on the determination by judgment of the constants of linear empirical formulas. Phys. Rev. (2) **9**, 80—82, 1917.

Digitized by Google

L. D. Weld. Theory of Errors and least Squares. XII u. 190 S. London 1916.
A. Rohrberg. Theorie und Praxis des Rechenschiebers. 50 S. Leipzig. B. G. Teubner, 1916. (Math. Bibl., herausgeg. von W. Lietzmann und A. Witting, Bd. 28.) (Preis 0,80 ℳ.)
C. W. Lutz. Schieber zum Ausmessen von Erdbebendiagrammen. ZS. f. Instrumentenkde. **37**, 161—166, 1917.
O. Bornhauser. Experimentelle Prüfung einer neuen Methode der automatischen Präzisionswägung. 52 S. Basel 1916.
W. Felgentraeger. Selbsttätige Wagen. ZS. d. D. Ges. f. Mech. u. Opt. 1917, 125—128.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Richard C. Tolman. The measurable quantities of physics. Phys. Rev. (2) **9**, 237—253, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

R. W. Burgess. The comparison of a certain case of the elastic curve with its approximation. Phys. Rev. (2) **9**, 193—197, 1917.
P. W. Bridgman. Note on the elastic constants of antimony and tellurium wires. Phys. Rev. (2) **9**, 138—141, 1917.
L. P. Sieg. Preliminary Notes on the Torsional Elasticity of Drawn Tungsten Wires. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 337, 1917.

6. Hydromechanik.

W. A. Shewhart. A study of the accelerated motion of small drops through a viscous medium. Phys. Rev. (2) **9**, 425—433, 1917.

7. Kapillarität.

8. Aeromechanik.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

L. E. Dodd. A General Method of Producing the Stroboscopic Effect and its Application in the Tonodeik. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 340—341, 1917.
F. R. Watson and **H. T. Booth.** An Acoustical Thermometer. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 339—340, 1917.

2. Physiologische Akustik.

G. W. Stewart and **O. Hovda.** The Intensity Factor in Binaural Localization and an Extension of Weber's Law. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 338, 1917.

Digitized by Google

G. W. Stewart. An Experimental and Theoretical Investigation of Binaural Beats. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 338—339, 1917.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Erwin Schrödinger. Die Ergebnisse der neueren Forschung über Atom- und Molekularwärmen. Die Naturwissenschaften **5**, 537—543, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

Harvey B. Lemon. On Some Very Large Variations in the Adsorption of Certain Specimens of Charcoal. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 336—337, 1917.

Wilhelm Bachmann. Über Dampfspannungsisothermen von Körpern mit Gelstruktur. ZS. f. anorg. Chem. **100**, 1—76, 1917.

Wilhelm Bachmann. Zur Kenntnis des Berlinerblau-Hydrosols. ZS. f. anorg. Chem. **100**, 77—94, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

Albert Lewis Fitch. Counter electromotive force in the aluminium rectifier. Phys. Rev. (2) **9**, 15—28, 1917.

K. T. Compton. Temperature coefficient of contact potential. A rejoinder. Phys. Rev. (2) **9**, 78—79, 1917.

4. Photochemie.

William Roy Moth. Electrochemical Analogies of Photochemistry. Abstract of a paper presented at the Cleveland meeting of the Physical Society, October 27, 28, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 89—91, 1917.

5. Thermochemie.

Charles F. Brush. Spontaneous generation of heat in recently hardened steel. II. Phys. Rev. (2) **9**, 228—236, 1917.

Max Trautz. Die Theorie der Gasreaktionen und der Molarwärmen und die Abweichungen von der Additivität der inneren Atomenergie. Sitzungsber. Heidelb. Akad., Math.-naturw. Kl., Abt. A., Math.-phys. Wiss. 1917, 3. Abt., 44 S.

W. Eitel. Über Vielstoffsysteme. ZS. f. anorg. Chem. **100**, 95—142, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

A. W. Hull. The Crystal Structure of Iron. Abstract of a paper presented at the Cleveland Meeting of the Physical Society, October 27, 28, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 84—87, 1917.

Herm. Tertsch. Trachtstudien an einem geschichteten Turmalinkristall. Zentralbl. f. Min. 1917, 273—289.

Eberhard Zschimmer. Krankheiten der Gläser. D. Opt. Wochenschr. 1917, 308—312, 321—323.

Digitized by Google

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

A. Korn. Mechanische Theorien des elektromagnetischen Feldes. Phys. ZS. **18**, 341—345, 1917.

K. Uller. Bisherige Elektrodynamik und das Interferenzprinzip. Phys. ZS. **18**, 347—351, 1917.

F. Ehrenhaft. Zur Physik des Millionstel Zentimeters. Phys. ZS. **18**, 352—368, 1917.

Richard C. Tolman and **T. Dale Stewart.** The Mass of the electric carrier in copper, silver and aluminium, Phys. Rev. (2) **9**, 164—167, 1917.

W. A. Shewhart. A study of the accelerated motion of small drops through a viscous medium. Phys. Rev. (2) **9**, 425—433, 1917.

R. R. Ramsey. An Extension of the Mayer Experiment. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 254, 1917.

P. W. Bridgman. Theoretical considerations on the nature of metallic resistance, with especial regard to the pressure effects. Phys. Rev. (2) **9**, 269—289, 1917.

Fernando Sanford. On the nuclear charges of atoms. Phys. Rev. (2) **9**, 383—393, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

N. R. French. Measurements in frictional electricity. Phys. Rev. (2) **9**, 151—163, 1917.

Albert Lewis Fitch. Counter electromotive force in the aluminium rectifier. Phys. Rev. (2) **9**, 15—28, 1917.

K. T. Compton. Temperature coefficient of contact potential. A rejoinder. Phys. Rev. (2) **9**, 78—79, 1917.

3. Elektrostatik.

L. E. Dodd. Note on the Amount of Error in Applying to Non-Parallel Plates the Formula for Electrical Capacity of Parallel Plates. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 96, 1917.

W. A. Shewhart. A study of the accelerated motion of small drops through a viscous medium. Phys. Rev. (2) **9**, 425—433, 1917.

4. Maße und Meßinstrumente.

Arthur Whitmore Smith. The measurement of magnetic permeability. Phys. Rev. (2) **9**, 414—418, 1917.

H. Schering. Die Doppelbrücke zur Messung des Phasenwinkels sehr kleiner Widerstände bei technischer Frequenz. Elektrot. ZS. **38**, 421—423, 1917.

Laurens E. Whittemore. The use of the Einthoven galvanometer and a detector of the Audion type for measuring the strength of radiotelegraphic signals. Phys. Rev. (2) **9**, 434—436, 1917.

Digitized by Google

5. Apparate.

Edward W. Washburn. A Simple Method for Determining the Audibility Current of a Telephone Receiver. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 437—439, 1917.

Friedrich Janus. Über das Wesen und die Entwickelung der Elektronen-Röntgenröhren. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 386—389, 1917.

Mendel Osnos. Theorie und Wirkungsweise des stationären Frequenzverdopplers, insbesondere für Hochfrequenzströme. Elektrot. ZS. **38**, 423—426, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

P. W. Bridgman. Theoretical considerations on the nature of metallic resistance, with especial regard to the pressure effects. Phys. Rev. (2) **9**, 269—289, 1917.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Arthur S. King and **Edna Carter.** Experiments on the Production of Metallic Spectra by Cathodo-Luminescence. Abstract of a paper presented at the Cleveland meeting of the Physical Society, October 27, 28, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 94—95, 1917.

C. W. Waggoner. The Cathodo-Luminescence Produced by Certain Tribo-Luminescent Salts of Zinc. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, December 26—30, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 175, 1917.

George P. Luckey. The tungsten arc under pressure. Phys. Rev. (2) **9**, 129—137, 1917.

C. A. Skinner. Electrode polarization in gases. Phys. Rev. (2) **9**, 314—324, 1917.

James E. Ives. On the so-called magnetic rays of Righi; electrical oscillations in Geissler tubes, and the periodic interruption of spark discharges. Phys. Rev. (2) **9**, 349—370, 1917.

John W. Davis. A. C. and D. C. Corona in Hydrogen. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 255—256, 1917.

H. D. Arnold. So-Called „Ionization" Pressure of the Corona Discharge. Abstract of a paper presented at the Cleveland meeting of the Physical Society, October 27, 28, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 93, 1917.

C. D. Child. Light produced by the recombination of ions. Phys. Rev. (2) **9**, 1—14, 1917.

H. J. van der Bijl. Note on the Ionizing Potential of Metallic Vapors. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 173—175, 1917.

C. A. Skinner. Polarization at the cathode in a highly ionized gas. Phys. Rev. (2) **9**, 97—112, 1917.

Digitized by Google

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

A. Becker. Über eine mathematische Darstellung des Geschwindigkeitsverlustes der Kathodenstrahlen in Materie. Sitzungsber. Heidelb. Akad., Math.-naturw. Kl., Abt. A., Math.-phys. Wiss. 1917. 4. Abh., 17 S.

J. Koenigsberger. Über die Streuungsabsorption von Kanalstrahlen. Sitzungsber. Heidelb. Akad., Math.-naturw. Kl., Abt. A., Math.-phys. Wiss. 1917.

Karl H. Fussler. The actinium-uranium ratio in Colorado carnotite, Phys. Rev. (2) **9**, 142—147, 1917.

Fernando Sanford. On the nuclear charges of atoms. Phys. Rev. (2) **9**, 383—393, 1917.

David L. Webster. X-ray emissivity as a function of cathode potential. Phys. Rev. (2) **9**, 220—226, 1917.

Arthur H. Compton. The intensity of X-ray reflection and the distribution of the electrons in atoms. Phys. Rev. (2) **9**, 29—57, 1917.

Bergen Davis. Wave-length energy distribution in the continuous x-ray spectrum. Phys. Rev. (2) **9**, 64—77, 1917.

Horace Scudder Uhler. Critical examination of the law of X-ray line spectra. Phys. Rev. (2) **9**, 325—335, 1917.

S. J. Allen and L. M. Alexander. The effect of previous filtering upon the absorption coefficients of high frequency x-rays. Phys. Rev. (2) **9**, 198—204, 1917.

Manne Siegbahn. Emissions- und Absorptionsspektren der Röntgenstrahlen. Die Naturwissenschaften **5**, 513—519, 528—532, 1917.

W. S. Gorton. The mica X-ray spectrometer. A reply to Mr. Siegbahn Phys. Rev. (2) **9**, 127—128, 1917.

Friedrich Janus. Über das Wesen und die Entwickelung der Elektronen-Röntgenröhren. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 386—389, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

Arthur Whitmore Smith. The measurement of magnetic permeability. Phys. Rev. (2) **9**, 414—418, 1917.

Arthur Whitmore Smith. Time lag in magnetization. Phys. Rev. (2) **9**, 419—424, 1917.

Earle M. Terry. The Magnetic Properties of Fe, Ni and Co Above the Curie Point and Keesom's Theory of Magnetization. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 255, 1917.

Earle M. Terry. The magnetic properties of iron, nickel and cobalt above the Curie point and Keesom's quantum theory of magnetism. Phys. Rev. (2) **9**, 394—418, 1917.

N. H. Williams. Some Effects of Cross-Magnetizing Fields upon Hysteresis Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 339, 1917.

Ralph Bown. Die Charakteristiken von Eisen in magnetischen Hochfrequenzfeldern. Journ. Franklin Inst. **183**, 41—59, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 96.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

T. Heurlinger. Über eine in metallisch leitenden Kristallen zu erwartende elektrische Nachwirkung. Phys. ZS. **18**, 345—347, 1917.

H. Görges. Über die graphische Darstellung des Wechselpotentials und die Lage des Erdpotentials in Drehstromanlagen. Arch. f. Elektrotechn. **6**, 1—22, 1917.

Emil Wirz. Untersuchungen über die möglichen Fehlerquellen bei Stromwandlern. Arch. f. Elektrotechn. **6**, 23—72, 1917.

Digitized by Google

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

F. C. Blake and **Charles Sheard.** On the free vibrations of a Lecher system. IV. Phys. Rev. (2) **9**, 177—192, 1917.

Laurens E. Whittemore. The use of the Einthoven galvanometer and a detector of the Audion type for measuring the strength of radiotelegraphic signals. Phys. Rev. (2) **9**, 434—436, 1917.

Edward W. Washburn. A Simple Method for Determining the Audibility Current of a Telephone Receiver. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the American Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 437—439, 1917.

James E. Ives. On the so-called magnetic rays of Righi; electrical oscillations in Geissler tubes and the periodic interruption of spark discharges. Phys. Rev. (2) **9**, 349—370, 1917.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

T. W. Case. Notes on the change of resistance of certain substances in light. Phys. Rev. (2) **9**, 305—310, 1917.

E. H. Kennard and **E. O. Dieterich.** An effect of light upon the contact potential of selenium and cuprous oxide. Phys. Rev. (2) **9**, 58—63, 1917.

L. R. Ingersoll. Natural and magnetic rotatory dispersion in the infra-red spectrum. Phys. Rev. (2) **9**, 257—268, 1917.

S. Karrer. Tolman's transformation equations, the photoelectric effect and radiation pressure. Phys. Rev. (2) **9**, 290—291, 1917.

P. E. Sabine. Photo-electric Potentials in the Schumann region of the spectrum. Abstract of a paper presented at the Cleveland meeting of the Physical Society, October 27, 28, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 93—94, 1917.

P. E. Sabine. Photo-electric potentials for extremely short wave-lengths. Phys. Rev. (2) **9**, 210—219, 1917.

Jakob Kunz. On Photoelectric Photometry. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, December 26—30, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 175—176, 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

S. Karrer. Tolman's transformation equations, the photoelectric effect and radiation pressure. Phys. Rev. (2) **9**, 290—291, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

E. A. Wülfing. Ein neues Apertometer. Sitzungsber. Heidelb. Akad., Math.-naturw. Kl, Abt. A., Math.-phys. Wiss. 1917. 2. Abh. 13 S.

W. S. Gorton. The mica X-ray spectrometer. A reply to Mr. Siegbahn. Phys. Rev. (2) **9**, 127—128, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

J. Hartmann. Einige Regeln für den Gebrauch der empirischen Dispersionsformel und ihre Anwendung auf die Brechungsexponenten des Quarzes. ZS. f. Instrkde. **37**, 166—174, 1917.

Arthur S. King. Experiments with the Electric Furnace on the Anomalous Dispersion of Metallic Vapors. Phys. Rev. (2) **9**, 347—348, 1917.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

Digitized by Google

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Charles H. Skinner. The optical properties of an isolated crystal of selenium. Phys. Rev. (2) **9**, 148—150, 1917.

L. R. Ingersoll. Natural and magnetic rotatory dispersion in the infra-red spectrum. Phys. Rev. (2) **9**, 257—268, 1917.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

T. C. Hebb. The single-lined and the many-lined spectrum of mercury. Phys. Rev. (2) **9**, 371—377, 1917.

R. A. Millikan. Theoretical considerations relating to the single-lined and the many-lined spectrum of mercury. Phys. Rev. (2) **9**, 378—382, 1917.

Arthur S. King and **Edna Carter.** Experiments on the Production of Metallic Spectra by Cathodo-Luminescence. Abstract of a paper presented at the Cleveland meeting of the Physical Society, October 27, 28, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 94—95, 1917.

Arthur S. King. The Effect of Oxygen on the Production of Band and Line Spectra in the Electric Furnace. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the American Physical Society and the A. A. A. S., December 26—30, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 346, 1917.

Arthur S. King. Experiments with the Electric Furnace on the Anomalous Dispersion of Metallic Vapors. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the American Physical Society and the A. A. A. S., December 26—30, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 347—348, 1917.

A. G. Worthing. An attempt to detect a change in the emissive properties of platinum and of tungsten at incandescence with a change in the method of heating. Phys. Rev. (2) **9**, 226—227, 1917.

Manne Siegbahn. Emissions- und Absorptionsspektren der Röntgenstrahlen. Die Naturwissenschaften **5**, 513—519, 528—532, 1917.

Bergen Davis. Wave-length energy distribution in the continuous X-ray spectrum. Phys. Rev. (2) **9**, 64—77, 1917.

Horace Scudder Uhler. Critical examination of the law of X-ray line spectra. Phys. Rev. (2) **9**, 325—335, 1917.

Edward L. Nichols and **Ernest Merritt.** The influence of water of crystallization upon the fluorescence and absorption spectra of uranyl nitrate. Phys. Rev. (2) **9**, 113—126, 1917.

F. K. Richtmyer and **E. C. Crittenden.** The Precision of Photometric Measurements. Abstract of a paper presented at the Cleveland meeting of the Physical Society, October 27—28, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 95—96, 1917.

Irwin G. Priest. A Proposed Method for the Photometry of Lights of Different Colors. II. Abstract of a paper presented (by title) at the New York meeting of the Physical Society, December 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 341—345, 1917.

Jacob Kunz. On Photoelectric Photometry. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, December 26—30, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 175—176, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

P. Lenard. Über Ausleuchtung und Tilgung der Phosphore durch Licht. Teil I. Einleitung; Gang der Untersuchung; Theorie. Sitzungsber. Heidelb. Akad., Math.-naturw. Kl., Abt. A, Math.-phys. Wiss. 1917, 5. Abh. 45 S.

Digitized by Google

P. Lenard. Über Ausleuchtung und Tilgung der Phosphore durch Licht. Teil II. Messungen der Ausleuchtung und Tilgung. Sitzungsber. Heidelb. Akad., Math.-naturw. Kl., Abt. A., Math.-phys. Wiss. 1917, 7. Abh. 33 S.

Edward L. Nichols and Ernest Merritt. The influence of water of crystallization upon the fluorescence and absorption spectra of uranyl nitrate. Phys. Rev. (2) **9**, 113—126, 1917.

Edward L. Nichols and H. L. Howes. On the phosphorescence of the uranyl salts. Phys. Rev. (2) **9**, 292—304, 1917.

8. Physiologische Optik.

L. E. Dodd. A General Method of Producing the Stroboscopic Effect and Its Application in the Tonodeik. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society. December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 340—341, 1917.

W. W. Coblentz and W. B. Emerson. An Investigation of the Relative Sensibility of the Average Eye to Light of Different Colors and Some Practical Applications to Radiation Problems. Abstract of a paper presented at the Cleveland meeting of the Physical Society, October 27, 28, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 87—88, 1917.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Erwin Schrödinger. Die Ergebnisse der neueren Forschung über Atom- und Molekularwärmen. Die Naturwissenschaften **5**, 537—543, 1917.

2. Kinetische Theorie der Materie.

Yoshio Ishida. The Kinetic Theory of Non-Spherical Rigid Molecules. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 256, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

Alexander Mc Adie. A New Thermometer Scale. Abstract of a paper presented at the Cleveland meeting of the Physical Society, October 27, 28, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 91—92, 1917.

S. Leroy Brown. A calorimetric resistance thermometer. Phys. Rev. (2) **9**, 205—209, 1917.

F. R. Watson and H. T. Booth. An Acoustical Thermometer. Abstract of a paper presented at the Chicago meeting of the Physical Society, December 2, 1916. [Phys. Rev. (2) **9**, 339—340, 1917.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

George P. Luckey. The tungsten arc under pressure. Phys. Rev. (2) **9**, 129—137, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

Erwin Schrödinger. Die Ergebnisse der neueren Forschung über Atom- und Molekularwärmen. Die Naturwissenschaften **5**, 537—543, 1917.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Dr. **Karl Wolf.** Neue Gedanken über die Entstehung der Temperaturzeiten der Erde. Prometheus **28**, 700—702, 717—719, 1917.

1 B. Planeten und Monde.

A. Jönsson. Über die Rotation des Mondes. Meddelanden f. Lunds Astronom. Observat. **28**, No. 3.

1 C. Fixsterne und Nebelflecke.

1 D. Die Sonne.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

J. von Hann. Die Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnwendstein; ein Beitrag zur Meteorologie der Berggipfel. (Sitzber. Ak. Wiss. Wien. math.-naturw. Kl. CXXV, Abt. IIa, 1/2, S. 83. Wien 1916. A. Hölder Komm. Ref.: F. M. Exner, Peterm. Mitt. **63**, Lb. 196, 1917.

Lehrer **C. Veenema** in Norden. Die Hörweite des Gewitterdonners. Wetter **34**, 127—130, 1917.

W. Krebs. Der Kanonendonner von Margate in Deutschland gehört? Weltall **16**, 23./24. Heft.

Jaques. Atmosphärische Tiden. 8°. 29 S. Prag-Smichow. Selbstverlag. Druck: Koppe-Bellmann. (Preis 2,20 ℳ.)

Prof. **G. von Elsner.** Übersicht über die Witterung von Zentraleuropa im April 1917. Wetter **34**, 115—117, 1917.

Die Witterung an der deutschen Küste im April 1917. Ann. d. Hydr. **34**, 234—236, 1917.

S. Schwarz. Die Behandlung der Wetterkunde in der Schule. Geogr. Anz. 1917, Heft 4.

Digitized by Google

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Die Temperatur der oberen Luftschichten im April 1917, Königlich Preußisch Aeronautisches Observatorium Lindenberg und Drachenstation am Bodensee in Friedrichshafen. Kartenbeilage zu Wetter **34**, Heft 6, 1917.

A. Kopfmüller in Friedrichshafen. Die aerologischen Arbeiten der Drachenstation am Bodensee im Mai 1917. Wetter **34**, 117—118, 1917.

L. H. Das Luftfahrzeug als aerologisches Forschungsmittel. Prometheus **28**, 703, 1917.

2 A_3. Luftschiffahrt und Flugwesen.

Die Sicherung des Maschinenfluges. Prometheus **28**, Bl. S. 175, 1917.

Dipl.-Ing. **H. F. Zschocke.** Tierflug und der erste menschliche Segelflug. Prometheus **28**, 654—655, 1917.

Gustav Lilienthal. Tierflug und der erste menschliche Segelflug. Prometheus **28**, 686—687, 1917.

Dr. **V. Franz.** Die Naturformen in der Flugzeugtechnik und Begrenzung ihrer Anwendung. Prometheus **28**, 732—733, 1917.

A. Bertels. Der Flugmeister. Handbuch für Flugzeugführer und Beobachter zum nautischen Unterricht und Selbstunterricht. 8^0. 69 S., nebst Kalendarium. Berlin 1917. D. Reimer. (Preis 2,80 ℳ.)

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

2 C_1. Lufttemperatur.

A. Stentsel. Ein ungewöhnlicher Temperatursturz. Astr. ZS. 11. Jahrgang, Nr. 5a.

Otto Meißner in Potsdam. Die Temperatur des ersten Dritteljahrs 1917. Wetter **34**, 126—127, 1917.

2 C_2. Strahlung.

2 D. Luftdruck.

Prof. Dr. **J. Schneider** in Darmstadt. Die Wiederkehr der jährlichen und monatlichen Änderungen des Luftdrucks über Mitteleuropa. (Schluß.) Ann. d. Hydr. **45**, 201—217, 1917.

2 E. Winde und Stürme.

A. Wegener. Wind- und Wasserhosen in Europa. (Die Wissenschaft, Bd. 60.) 8^0. XI, 301 S (Preis 12 bzw. 13,60 ℳ.)

Einige Ergebnisse des Windmeß-Versuchsfeldes bei Nauen. Berl. Zweigverein d. Deutsch. Met. Ges.: „Die Naturwissenschaften" 1917, Heft 17.

2 F. Wasserdampf.

2 G. Niederschläge.

Niederschlagsmengen in Zentraleuropa in Millimetern im März 1917. Kartenbeilage zu Wetter **34**, Heft 6, 1917.

Dr. **W. Eckardt.** Die Ursachen der jahreszeitlichen Regenfälle im Mittelmeergebiet. Peterm. Mitt. **63**, 180—182, 1917.

Digitized by Google

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Dgt. Die Ionisierung der Erdatmosphäre durch den Halleyschen Kometen. Prometheus **28**, 687—688, 1917.

2 I. Meteorologische Optik.

Dipl.-Ing. **H. F. Zschocke.** Warum erscheint die Sonne größer beim Untergang? Prometheus **28**, 669—670, 1917.

Vasmer. Eine merkwürdige Lufterscheinung in Hannover im Jahre 1784. Wetter **34**, 131—132, 1917.

2 K. Synoptische Meteorologie.

Dr. **W. R. Eckardt** in Essen. Über die Ursachen der Frühlingstrockenheit in Mitteleuropa. Wetter **34**, 124, 1917.

2 L. Dynamische Meteorologie.

Dr. **Robert Dietzius** in Wien. Die Beziehung zwischen Windgeschwindigkeit und Luftdruckgefälle. Wetter **34**, 109—115, 1917.

2 M. Praktische Meteorologie.

W. Krebs. Neue Vorausbestimmungen des Wetters auf lange Frist, auf Grund einer Kontrolle der Sonnentätigkeit und der tropischen Sturmbildung. (Sonderabdr. a. d. österr. Flug-Ztg. 1916.) 8^0. 21 S. Verlag d. Österr. Flugtechn. Vereins, Wien und Boysen & Maasch, Hamburg. (Preis 1,60 ℳ.)

A. Voss. Wettervorhersage für 1917. 2. Aufl. mit Ausblick auf 1918. 8^0. 4 S. Berlin 1917. Vossianthus Verlag. (Preis 0,60 ℳ.)

A. J. Henry, E. H. Berire, H. J. Cox & H. C. Frankenfield. U. S. Weather Bureau. Weather Forecasting in the United States. By a board composed of . . . 370 S. 8^0. Mit 199 Karten und Textfiguren. Washington 1916. Ref.: W. Köppen. Ann. d. Hydr. 232—233, 1917.

2 N. Kosmische Meteorologie.

Otto Meißner in Potsdam. Winterkälte und Sonnenfleckenmaximum. Wetter **34**, 125—126, 1917.

F. Schuster, Oberstleutnant a. D., Karlsruhe. Die Interferenz vom tropischen mit dem drakonitischen Luftdrucksystem, direkt im Gang des Luftdruckes nachgewiesen. Ann. d. Hydr. **45**, 224—227, 1917.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

Dr. **August Thraen.** Das Klima von Serbien, Montenegro und Albanien. Wetter **34**, 121—123, 1917.

Rittmeister **Naegler.** Das Winterklima von Wilna, mit besonderer Berücksichtigung des Kriegswinters 1915/16. Wetter **34**, 118—121, 1917.

W. Georgii. Das Klima von Meiningen in den Jahren 1838—1911. 8^0. 77 S. mit 4 Taf. Diss. Jena 1914. Ref.: E. Roth. Peterm. Mitt. **63**, Lb. 193—194, 1917.

Dr. **Cornelius Easten** in Amsterdam. Eine in den westeuropäischen Wintern nachweisbare größere klimatische Periode. Peterm. Mitt. **63**, 201—206, 1917.

Digitized by Google

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

Prof. Dr. **K. Kaßner.** Die monatliche Häufigkeit der Erdbeben in Bulgarien. Peterm. Mitt. **63**, 154—155, 1917.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Oberlehrer **Molly** in Recklinghausen. Nordlichterscheinungen. Wetter **34**, 130—131, 1917.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

Prof. Dr. **E. Roth.** Erörterungen über die Küstenhebung Schwedens im 18. Jahrhundert. Peterm. Mitt. **63**, 153—154, 1917.

Prof. Dr. **R. Gradmann.** Die algerische Küste in ihrer Bedeutung für die Küstenmorphologie. Peterm. Mitt. **63**, 137—145; 174—180, und Schluß 209—216, 1917.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Fr. Heinke. Die internationale Meeresforschung vor und nach dem Kriege. „Fischerbote" 1917, Nr. 3/4.

F. Nansen. The waters of the north-eastern North Atlantic. (S.-A. Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. Leipzig 1918.) 8^0, 140 S. m. 52 Abb., 17 Tafeln u. 8 Kart. Leipzig, W. Klinkhardt. Ref.: L. Mecking. Peterm. Mitt. **63**, Lb. 165, 1917.

R. von Sterneck. Zur Theorie der Euripusströmungen. Sitzber. K. Akad. d. Wiss. Wien, Abt. IIa, **125**, 9. Heft.

Otto Meißner. Über den örtlichen Einfluß von Luftdruck und Wind auf den Wasserstand der Ostsee. II. Mitteilung. Ann. d. Hydr. **34**, 227—232, 1917.

Digitized by Google

A. Müller. Theorien der Gezeitenkräfte. (Sammlung Vieweg, H. 35.) 8°. 81 S. m. 17 Abb. Braunschweig 1916, Friedr. Vieweg & Sohn. Preis 2,80 ℳ. Ref.: G. Wegemann in Peterm. Mitt. **63**, Lb. 164, 1917.

J. van Korn mit Naschrift heerzu von G. F. Tydeman. De fout in de Theorie de getijden? Marineblad 1916/17, Heft 12.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

K. Fischer. Niederschlag und Abfluß im Odergebiet. Jahrb. f. d. Gewässerk. Norddeutschlands, bes. Mitt. III. Nr. 2. 8°. IV u. 50 S. m. 7 Abb. u. 5 Taf. Berlin 1915. E. S. Mittler & Sohn. Ref.: W. Gerbing. Peterm. Mitt. **63**, Lb. 193, 1917. (Preis 4 ℳ.)

Prof. Dr. **W. Halbfaß.** Der Zusammenhang zwischen Temperaturschwankungen in Norddeutschland und dem Oderhochwasser. Peterm. Mitt. **63**, 152—153, 1917.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Dipl.-Ing. **C. Sutor.** Über das Zufrieren von Gewässern. Prometheus **28**, 703—704, 1917.

C. J. H. Speerschneider. Isforholdene i de arktiske have 1914. (Danske Met. Inst., Aarböger.) 4°. 24 S. m. 6 Kart. Kopenhagen 1915. Ref.: G. Wegemann. Peterm. Mitt. **63**, Lb. 165, 1917.

Dr. **Wilhelm Eckardt** in Essen. Der exakte meteorologisch-klimatische Beweis für die Gleichzeitigkeit der diluvialen Eiszeit. Peterm. Mitt. **63**, 206—208, 1917.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. — 30. September 1917. — Nr. 18.

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 18 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 10. September 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

A. Naccari. Angelo Battelli. Lincei Rend. (5) **26** [1], 82—85, 1917.

G. Vacca. Sulle origini della scienza dell'elasticità. Lincei Rend. (5) **25** [1], 30—37. 1916.

A. Vogler. Die Priorität des Verfahrens zur Fernsteuerung von Fahrzeugen durch elektrische Wellen. Elektrot. ZS. **38**, 440, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

Will. C. Baker. Ein Apparat für Resonanz von Pendelschwingungen. School Science and Math., Octob. 1916. [ZS. f. Phys. Unterr. **30**, 201, 1917.

P. Bräuer. Über thermochemische Messungen als Schülerübungen. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 186—195, 1917.

F. F. Good. Eine Unterrichtsstunde aus der Elektrizitätslehre für Anfänger. School Science and Math., Jan. 1916. [ZS. f. phys. Unterr. **30**, 209—210, 1917.

Paul Hanck. Apparate für Schülerübungen aus der Elektrizitätslehre. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 179—185, 1917.

J. Weiß. Eine wenig bekannte Methode der Demonstration von Kondensatorschwingungen. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 199—200, 1917.

W. Kodweiß. Der elektrische Widerstand des Wassers nach F. Kohlrausch. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 208—209, 1917.

Arthur Scherbius. Mechanische Hilfsvorstellungen für die Vorgänge bei elektrischen Wellen unter besonderer Berücksichtigung der in der drahtlosen Telegraphie verwendeten Schwingungsvorgänge. ZS. f. phys Unterr. **30**, 169—179, 1917.

Digitized by Google

Will. C. Baker. Die Messung der Wellenlänge des Lichtes mit einem groben Gitter. School Science and Math., Nov. 1916. [ZS. f. phys. Unterr. **30**, 201—202, 1917.

3. Maß und Messen.

A. Bachofen. Über die Herstellung genauer Mikrometerschrauben. ZS. f. Feinmech. **25**, 137—138, 1917.

F. P. Cantelli. Sulla probabilità come limite della frequenza. Lincei Rend. (5) **26** [1], 39—45, 1917.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Ernesto Pascal. La risoluzione meccanica esatta della equazioni differenziali lineari generali di 2^0 ordine. Lincei Rend. (5) **25** [1], 401—405, 1916.

T. Levi-Civita. Sopra due trasformazioni canoniche desunte dal moto parabolico. Lincei Rend. (5) **25** [1], 445—458, 1916.

Ed. Guillaume. Sur la possibilité d'exprimer la Théorie de la relativité en fonction du temps et des longueurs universels. C. R. séance Soc. suisse de phys. tenue à Bienne le 5 mai 1917. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 48—52, 1917.

W. de Sitter. On the relativity of inertia. Remarks concerning Einstein's latest hypothesis. Proc. Amsterdam **19**, 1217—1225, 1917.

Giovanni Zappa. Per una verifica sperimentale della teoria di relatività di Einstein. Lincei Rend. (5) **26** [1], 322—326, 1917.

T. Levi-Civita. Sulla espressione analitica spettante al tensore gravitazionale nella teoria di Einstein. Lincei Rend. (5) **26** [1], 381—391, 1917.

T. Levi-Civita. Statica einsteiniana. Lincei Rend. (5) **26** [1], 458—470, 1917.

H. A. Lorentz. On Einstein's Theory of gravitation. I. Proc. Amsterdam **19**, 1341—1354, 1917. II. Ebenda, S. 1854—1369.

E. Almansi. Sull' influenza della rotazione terrestre nella caduta dei gravi. Lincei Rend. (5) **25** [1] 391—401, 1916.

E. Almansi. Sulla teoria degli impulsi. Lincei Rend. (5) **25** [2], 410—416, 1916.

T. Levi-Civita. Realtà fisica di alcuni spazî normali del Bianchi. Lincei Rend. (5) **26** [2], 519—531, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

T. Levi-Civita. Sulla deformazione di un suolo elastico nel caso dell' eredità, per date tensioni superficiali. Lincei Rend. (5) **25** [1], 155—158, 1916.

Angela Maria Molinari. Sull' equilibrio elastico di un solido omogeneo isotropo limitato da una superficie piana. Lincei Rend. (5) **25** [1], 497—499, 1916.

E. Almansi. La teoria delle distorsioni e le deformazioni finite de solidi elastici. Lincei Rend. (5) **25** [2], 191—192, 1917.

C. Somigliana. Sulla teoria delle distorsioni. Al prof. E. Almansi. Lincei Rend. (5) **25** [2], 475—477, 1916.

Eleonora Freda. Sulle distorsioni di un cilindro elastico due volte connesso. Lincei Rend. (5) **25** [1], 582—587, 1916.

Eleonora Freda. Sulle distorsioni di un cilindro elastico due volte connesso. Nota II. Lincei Rend. (5) **25** [1], 679—684, 1916.

Luigi De Marchi. Teoria generale delle onde propagate sulla superficie piana di un solido elastico. Lincei Rend. (5) **25** [1], 309—316, 1916.

Luigi De Marchi. Applicazione della teoria delle onde superficiali all' analisi dei sismogrammi. Nota II. Lincei Rend. (5) **25** [1], 502—508, 1916.

Digitized by Google

6. Hydromechanik.

U. Cisotti. Sui moti rigidi di una massa fluida limitata. Lincei Rend. (5) **25** [1] 635—639, 1916.
J. Hadamard. Sur les ondes liquides. Lincei Rend. (5) **25** [1], 716—719, 1916.
Umberto Crudeli. Sui moti di un liquido viscoso compatibili col moto traslatorio di un solido di rivoluzione immerso nel liquido stesso. Lincei Rend. (5) **25** [2], 102—103, 1916.
Umberto Crudeli. Sul moto traslatorio di un solido sferico in un liquido viscoso. Lincei Rend. (5) **25** [2], 151—155, 1916.

7. Kapillarität.

8. Aeromechanik.

Guido Fubini. Alcune formole di balistica esterna con speciale riguardo al problema della correzione del tiro. Lincei Rend. (5) **26** [1], 151—161, 1917.
Guido Fubini. Osservazioni sul calcolo della traiettoria di un proietto. Lincei Rend. (5) **26** [1], 214—219, 1917.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

2. Physiologische Akustik.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

C. Del Lungo. Dimostrazione termodinamica della legge di Avogadro. Lincei Rend. (5) **25** [2], 322—326, 1916.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

Carlo Viola. Sulla legge delle fasi di Gibbs. Lincei Rend. (5) **25** [2], 245—251, 1916.
Carlo Viola. Sulle leggi di Gibbs, Curie e Hauy relative ai cristalli. Lincei Rend. (5) **25** [2], 401—410, 1916.
F. A. H. Schreinemakers. In-, mono- and divariant equilibria. XVI. Proc. Amsterdam **19**, 1196—1205, 1917. XVII. Ebenda, S. 1205—1217.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

Friedrich L. Hahn. Über die Bestimmung des Kupfers als Sulfür und durch Elektrolyse. Zf. f. anorg. Chem. **99**, 201—248, 1917.

4. Photochemie.

M. Padoa e A. Zaszaroni. Coefficienti di temperatura di trasformazioni fototropiche con luci monocromatiche. Nota II. Lincei Rend. (5) **25** [1], 808—811, 1916.

Digitized by Google

M. Padoa e **L. Mervini.** Coefficienti di temperatura nell'azione di luci monocromatiche su lastre e carte fotografiche. Lincei Rend. (5) **25** [2], 168—171, 1916.

M. Padoa e **C. Butironi.** I coeffcienti di temperatura dell'azione fotochimica sulla miscela cloroidrogeno con luci monocromatiche. Lincei Rend. (5) **25** [2], 215—218, 1916.

5. Thermochemie.

E. H. Büchner and **Ada Prins.** Vapour pressures in the system: carbon disulphide-methylalcohol. Proc. Amsterdam **19**, 1232—1242, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

Carlo Viola. Contributo ai sistemi cristallini. Lincei Rend. (5) **25** [2], 193—206, 1916.

Carlo Viola. Sui cristalli misti (Mg, Zn) $SO_4 + 7H_2O$. Lincei Rend. (5) **25** [2], 285—299, 1916.

Carlo Viola. Sui cristalli misti. Lincei Rend. (5) **26** [1], 195—207, 1917.

Fausta Balzac. Sulle costanti cristallografiche dell' epidoto e della clinozoisite fra $+15^0$ e $+400^0$. Lincei Rend. (5) **25** [1], 811—815, 1916.

Carlo Viola. Sullo formazione di geminati. Lincei Rend. (5) **26** [1], 278—286, 1917.

O. Lehmann. Tropfen und Säulen kristallinischer Flüssigkeiten mit verdrehter Struktur. Ann. d. Phys. (4) **52**, 736—760, 1917.

W. J. H. Moll and **L. S. Ornstein.** Contributions to the research of liquid crystals. Proc. Amsterdam **19**, 1315—1321, 1917.

C. Viola. Su notevoli cristalli di calcite de Andreasberg nell' Harz. Lincei Rend. (5) **25** [2], 23—28, 1916.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

U. Cisotti. Distribuzione dell' elettricità in equilibrio sopra un sottile anello conduttore. Lincei Rend. (5) **26** [1], 36—39, 1917.

U. Cisotti. Sulla capacità elettrostatica di un sottile anello conduttore. Lincei Rend. (5) **26** [1], 225—228, 1917.

O. Tedone. Sulla integrazione delle equazioni di Maxwell. Nota I. Lincei Rend. (5) **25** [1], 563—576, 1916.

O. Tedone. Sulla integrazione delle equazioni di Maxwell. Lincei Rend. (5) **25** [1], 614—618, 1916.

O. Tedone. Sul principo di Huygens in un campo elettromagnetico. Lincei Rend. (5) **26** [1], 286—289, 1917.

Walter König. Der Streit um das Elektron. Die Naturwissenschaften **5**, 373—380, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

U. Cisotti. Distribuzione dell' elettricità in equilibrio sopra un sottile anello conduttore. Lincei Rend. (5) **26** [1], 36—39, 1917.

Digitized by Google

U. Cisotti. Sulla capacità elettrostatica di un sottile anello conduttore. Lincei Rend. (5) **26** [1], 225—228, 1917.

4. Maße und Meßinstrumente.

G. Hoffmann. Über ein Elektrometer hoher Empfindlichkeit. II. Ann. d. Phys. (4) **52**, 665—708, 1917.

A. Jaquerod. Mesure des capacités. C. R. séance Soc. suisse de phys. tenue à Bienne le 5 mai 1917. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 62—63, 1917.

H. Schering. Die Doppelbrücke zur Messung des Phasenwinkels sehr kleiner Widerstände bei technischer Frequenz. (Schluß.) Elektrot. ZS. **38**, 436—438, 1917.

5. Apparate.

H. Zickendraht. Sur deux nouveaux oscillographes. S. R. séance Soc. suisse de phys. tenue à Bienne le 5 mai 1917. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 55—58, 1917.

C. Dorno. Erfahrungen mit photoelektrischen Zellen. Phys. ZS. **18**, 381—388, 1917.

Gustav Benischke. Die Freileitungsisolatoren in der Entwickelung der Hochspannungstechnik. Elektrot. ZS. **38**, 433—436, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

Ottomar Hartleb. Quantitative Untersuchungen über den Thomsoneffekt an glühenden Drähten. 72 S. Diss. Gießen 1917.

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Washington Del Regno. La corrente termo-ionica nelle comuni lampade ad incandescenza. Lincei Rend. (5) **26** [1], 110—116, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

A. Becker. Über eine mathematische Darstellung der Geschwindigkeitsverluste der Kathodenstrahlen in Materie. Sitzungsber. Heidelb. Akad. Math.-naturw. Kl., Abt. A., Math.-phys. Wiss. 1917, 4. Abh., 17 S.

Aurelio Serra. La radioattività nei materiali endogeni della Sardegna con particolari rilievi minerogenetici. Lincei Rend. (5) **25** [2], 279—283, 1916.

Henri Perret. Radioactivité des eaux du Jura. C. R. séance Soc. suisse de phys. tenue à Bienne le 5 mai 1917. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 68—70, 1917.

E. Mühlestein. Traces des rayons α sur plaques sensibles. C. R. séance Soc. suisse de phys. tenue à Bienne le 5 mai 1917. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 63—66, 1917.

B. Keetman. Die Absorption der γ-Strahlen. Ann. d. Phys. (4) **52**, 709—735, 1917.

Digitized by Google

Nella Mortara. La caratteristica dinamica dei tubi per raggi X. Lincei Rend. (5) **25** [2], 446—453, 1916.
G. C. Trabacchi. Sull' impiego radiografico del cromometro di Benoist per la misura del potere penetrante dei raggi X. Lincei Rend. (5) **25** [2], 453—455, 1916.
J. Brentano. Monochromateur pour rayons Röntgen. C. R. séance Soc. suisse de phys. tenue à Bienne le 5 mai 1917. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 66—68, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

Gustavo Colonnetti ed **Alberto Pozzo.** Le proprietà magnetiche degli acciai e la loro utilizzazione nell collaudo dei proietti. Lincei Rend. (5) **25** [1], 639—642, 1916.
W. Schmid. De l'influence de l'oxyde sur les pertes électromagnétiques dans le fer en feuille. C. R. séance Soc. suisse de phys. tenue à Bienne le 5 mai 1917. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 58—61, 1917.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

Elena Freda. Sopra un teorema di reciprocità relativo alla propagazione di correnti elettriche in un conduttore sottoposto all'azione di un campo magnetico. Nota I. Lincei Rend. (5) **25** [2], 28—35, 1916.
Elena Freda. Sopra un teorema di reciprocità relativo alla propagazione di correnti elettriche in un conduttore sottoposto all'azione di un campo magnetico. Nota II. Lincei Rend. (5) **25** [2], 60—65, 1916.
Elena Freda. Sulla variazione di resistenza elettrica di un conduttore sottoposto all'azione di un campo magnetico. Nota I. Lincei Rend. (5) **25** [2], 104—109, 1916.
Elena Freda. Sulla variazione di resistenza elettrica di un conduttore sottoposto all'azione di un campo magnetico. Nota II. Lincei Rend. (5) **25** [2], 142—149, 1916.
O. M. Corbino e G. C. Trabacchi. Sulla forma della corrente secondaria ottenuta dai rocchetti di induzione. Lincei Rend. (5) **25** [1], 508—509, 1916.
O. M. Corbino e G. C. Trabacchi. Dispositivi per produrre correnti di altissima tensione e di senso costante atte all'alimentazione dei tubi per raggi X. Nota I. Lincei Rend. (5) **25** [2], 239—244, 1916.
O. M. Corbino e G. C. Trabacchi. Dispositivi per produrre correnti di altissima tensione e di senso costante atte all'alimentazione dei tubi per raggi X. Nota II. Lincei Rend. (5) **25** [2], 273—279, 1916.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

Arthur Scherbius. Mechanische Hilfsvorstellungen für die Vorgänge bei elektrischen Wellen unter besonderer Berücksichtigung der in der drahtlosen Telegraphie verwendeten Schwingungsvorgänge. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 169—179, 1917.
Paul Caspar. Über die Kreisgebiete im elektromagnetischen Felde eines Hertzschen und Abrahamschen Erregers. 54 S. Diss. Gießen 1917.
Fritz Löwenstein. Der Mechanismus der Strahlung und Fortpflanzung bei der drahtlosen Übertragung. Jahrb. der drahtl. Telegr. **12**, 156—167, 1917.
A. Artom. Sopra un metodo generale per rendere selettive le stazioni radiotelegrafiche. Lincei Rend. (5) **26** [1], 50—56, 1917.
H. Veillon. Application du détecteur à l'appareil de résonance de Lodge. C. R. séance Soc. suisse de phys. tenue à Bienne le 5 mai 1917. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 53—55, 1917.
J. L. Hogan. Die Signalreichweite bei der drahtlosen Telegraphie. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 168—171, 1917.

Digitized by Google

Louis Cohen. Drahtlose Zeichengebung auf weite Entfernungen. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 171—175, 1917.

Frederick Schwers. The effect of water vapour in the atmosphere on the propagation of electromagnetic waves. Sitzungsbericht der Physical Society London vom 26. Januar 1917. [Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 184, 1917.

Paul Ludewig. Der Einfluß geophysikalischer und meteorologischer Faktoren auf die drahtlose Telegraphie. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 122—155, 1917.

L. W. Austin. Quantitative Messungen über die Stärke der von den deutschen Funkenstationen in Nauen und Eilvese ausgehenden Signale zu Washington. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 185—192, 1917.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

Elena Freda e Nella Mortara. Sulla caratteristica dell'arco cantante nei regimi cui corrispondono diverse emissioni spettrali. Nota I. Lincei Rend. (5) **25** [2], 438—445, 1916.

Elena Freda e Nella Mortara. Sulla caratteristica dell'arco cantante nei regimi cui corrispondono diverse emissioni spettrali. Nota II. Lincei Rend. (5) **26** [1], 116—122, 1917.

W. J. H. Moll and L. S. Ornstein. Contributions to the research of liquid crystals. Proc. Amsterdam **19**, 1315—1321, 1917.

C. Dorno. Erfahrungen mit photoelektrischen Zellen. Phys. ZS. **18**, 381—388, 1917.

J. A. Fleming. Über die Ursachen der Ionisation der Atmosphäre. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 175—183, 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

K. F. Herzfeld. Weitere Bemerkungen zur Statistik des Bohrschen Modells Phys. ZS. **18**, 389—391, 1917.

O. Tedone. Sulla teoria dei fenomeni luminosi nei mezzi cristallini uniassici. Nota I. Lincei Rend. (5) **26** [1], 8—18, 1917.

O. Tedone. Sulla teoria dei fenomeni luminosi nei mezzi cristallini uniassici. Nota II. Lincei Rend. (5) **26** [1], 143—150, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

C. Pritschow. Die Linsenformel, ihre Ableitung und Anwendung. ZS. f. Feinmech. **25**, 143—146, 1917.

Wilhelm Volkmann. Photographische Versuche. D. Opt. Wochenschr. 1917, 339—340.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Ernesto Drago. Sulla depolarizzazione della luce Lincei Rend. (5) **26** [1], 56—64, 1917.

Digitized by Google

A. Pochettino. Su la polarizzazione detta reticolare. II. Su alcuni fenomeni ottici presentati dalle valve striate delle Diatomee. II Nota. Lincei Rend. (5) **25** [2], 162—168, 1916.
O. Tedone. Sulla teoria dei fenomeni luminosi nei mezzi cristallini uniassici. Nota I. Lincei Rend. (5) **26** [1], 8—18, 1917.
O. Tedone. Sulla teoria dei fenomeni luminosi nei mezzi cristallini uniassici. Nota II. Lincei Rend. (5) **26** [1], 143—150, 1917.
W. J. H. Moll and **L. S. Ornstein.** Contributions to the research of liquid crystals. Proc. Amsterdam **19**, 1315—1321, 1917.
Luigi Casale. Sul potere rotatorio dei tartrati di amine sostituite. Lincei Rend. (5) **26** [1], 434—438, 1917.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

Marya Kahanowicz. Una nuova determinazione della costante della legge di Stefan-Boltzmann. Lincei Rend. (5) **26** [1], 439—446, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

A. Imhof. Über das Wesen der Tribolumineszenz. Phys. ZS. **18**, 374—380, 1917.
P. Lenard. Über Ausleuchtung und Tilgung der Phosphore durch Licht. 1. Teil. Einleitung; Gang der Untersuchung; Theorie. Sitzungsber. Heidelb. Akad. Math.-naturw. Kl., Abt. A. Math.-phys. Wiss. 1917, 5. Abh., 45 S.

8. Physiologische Optik.

O. Grotrian. Notizen über eine Größentäuschung und über einige scheinbare Bewegungen. Phys. ZS. **18**, 369—374, 1917.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

G. Guglielmo. Sulle leggi di Poisson e dello stato aeriforme in relazione al primo principio di termodinamica. Lincei Rend. (5) **25** [1], 117—125, 1916.
Guido Grassi. Sulla legge di Poisson in relazione al primo principio di termodinamica, in risposta al prof. Guglielmo. Lincei Rend. (5) **25** [1], 259—264, 1916.
G. Guglielmo. Intorno ad alcuni modi di calcolare l'esperienza di Clément-Desormes. Lincei Rend. (5) **25** [1], 213—221, 1916.
Guido Grassi. Osservazioni alla Nota del prof. Guglielmo intorno ad alcuni modi di calcolare l'esperienza di Clément-Desormes. Lincei Rend. (5) **25** [1], 619—622, 1916.

2. Kinetische Theorie der Materie.

L. S. Ornstein and **F. Zernicke.** Contributions to the kinetic theory of solids. I. The thermal pressure of isotropic solids. Proc. Amsterdam **19**, 1289—1294, 1917.
L. S. Ornstein and **F. Zernicke.** Contributions to the kinetic theory of solids. II. The unimpeded spreading of heat even in case of deviations from Hooke's law. Proc. Amsterdam **19**, 1295—1304, 1917.

Digitized by Google

L. S. Ornstein and **F. Zernicke.** Contributions to the kinetic theory of solids. III. The equation of state of the isotropic solid. Proc. Amsterdam **19**, 1304—1312, 1917.

C. Del Lungo. Dimostrazione termodinamica della legge di Avogadro. Lincei Rend. (5) **25** [2], 322—326, 1916.

3. Thermische Ausdehnung.

H. A. Lorentz. The dilatation of solid bodies by heat. Proc. Amsterdam **19**, 1324—1341, 1917.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

L. S. Ornstein and **F. Zernicke.** Contributions to the kinetic theory of solids. I. The thermal pressure of isotropic solids. Proc. Amsterdam **19**, 1289—1294, 1917.

L. S. Ornstein and **F. Zernicke.** Contributions to the kinetic theory of solids. II. The unimpeded spreading of heat even in case of deviations from Hooke's law. Proc. Amsterdam **19**, 1295—1304, 1917.

L. S. Ornstein and **F. Zernicke.** Contributions to the kinetic theory of solids. III. The equation of state of the isotropic solid. Proc. Amsterdam **19**, 1304—1312, 1917.

L. S. Ornstein and **F. Zernicke.** The influence of accidental deviations of density on the equation of state. Proc. Amsterdam **19**, 1312—1315, 1917.

L. S. Ornstein. The clustering tendency of the molecules at the critical point. Proc. Amsterdam **19**, 1321—1324, 1917.

H. A. Lorentz. The dilatation of solid bodies by heat. Proc. Amsterdam **19**, 1324—1341, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Laboratory Work in Astrophysics. Nature **99**, 152—153, 1917.
Prof. **E. P. Lewis.** Recent Progress in Spectroscopy II. Nature **99**, 134—137, 1917.
Struve. Über den neuen großen Refraktor der Babelsberger Sternwarte. Berl. Sitzber., Nr. 34, 1917.

1 B. Planeten und Monde.

The Planet Mercury. Nature **99**, 152, 1917.
Ph. Fauth, Landstuhl. Jupiter. Astr. Nachr. **205**, 48, 1917.
Variability of Uranus. Nature **99**, 133, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

H. E. Lau. Untersuchungen über die Farben der Fixsterne. Astr. Nachr. **205**, 49—70, 1917.
E. Hertzsprung. Photographische Sterngrößen von 308 Praesepesternen. Astr. Nachr. **205**, 71—76, 1917.
F. H. Seares. The colour of the standard polar stars determined by the method of exposure ratios. Nat. Acad. of Sc. **3**, No. 1. January. Nature **99**, 160, 1917.
E. Hertzsprung. Ein schwacher Verdunkelungsveränderlicher in Praesepe. Astr. Nachr. **205**, 33—35, 1917.
Parallaxe of a Planetary Nebula. Nature **99**, 153, 1917.

1 D. Die Sonne.

Prof. **S. D. Tscherny.** Observations made during the partial eclipse of the sun of January 22, made al Rostow-on-Don, Russian Roy. Astr. Soc. April 13. Nature **99**, 159, 1917.
Prof. Dr. **P. Kempf.** Über Refraktion auf der Sonne und die Höhenlage der Kalziumflocken. Berl. Sitzber., Nr. 34, 1917.
J. Wilsing. Über die Helligkeitsverteilung im Sonnenspektrum nach bolometrischen Messungen und über die Temperatur der Sonnenphotosphäre. Publikat. d. Astrophys. Obs. Potsdam **23**, 4. Stück, Nr. 72. Potsdam 1917.
P. Kempf. Bestimmung der Rotation der Sonne aus der Bewegung von Kalziumflocken. Publikat. d. Astrophys. Obs. Potsdam **23**, 3. Stück, Nr. 71. Potsdam 1916.
C. D. Perrine. Relation of the apex of solar motion to proper motion. Nat. Acad. of Sc. **3**, No. 1. January. Nature **99**, 160, 1917.

1 E. Kometen.

Digitized by Google

1 F. Meteore und Meteoriten.

The April Lyrids. Nature **99**, 133, 1917.
C. P. Olivier. The meteor system of Pons-Winnecke's comet. Nat. Acad. of Sc. **8**, Nr. 1. January. Nature **99**, 160, 1917.

1 G. Zodiakallicht.

G. Armellini. Osservazioni sopra una recente teoria della luce zodiacale. Lincei Rend. (5) **25** [2], 305—311, 1916.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Die Obstblüte in Stuttgart im Frühjahr 1917. Wetter **34**, 156, 1917.
W. Krebs. Schallrätsel von Flandern und Bengalen. Mistpoeffers und Barisal guns. Weltall, Heft 7/8, 1917.
V. Strouhal. Über Verdreifachung des Kanonendonners. Met. ZS., Heft 4/5, 1917.
W. Trabert. Meteorologie. Sammlung Göschen, Bd. 54. Vierte, von Dr. Albert Defant zum Teil umgearbeitete Auflage. Berlin und Leipzig 1916. 12^0. 147 S. mit 46 Abbildungen und Tafeln. Preis geb. 1 ℳ. Ref.: W. Köppen, Ann. d. Hydr. **45**, 259, 1917.
V. H. Ryd. On computation of meteorological observations. Meddeleser fra det Danske Meteorologiske Institut, No. 3. 8^0. 104 S. Kopenhagen 1917. Kommission os G. E. C. Gad.
Nils Ekholm. Månadsoversikt ar Väderleken i Sverige till lantbrukets tjänst utgiven under Meteorologiska Centralanstaltens inseende. Juni 1917. Årgang 37, Nr. 6, 1917.
Chas. Harding. The Recent Cold Weather. Nature **99**, 153, 1917.
E. Budde in Feldafing am Starnbergersee. Notizen über Wetterbildung am Starnbergersee. Wetter **34**, 146—148, 1917.
Die Witterung an der deutschen Küste im Mai 1917. Ann. d. Hydr. **45**, 262—264, 1917.
Prof. **G. von Elsner.** Übersicht über die Witterung in Zentraleuropa im Mai 1917. Wetter **34**, 140—142, 1917.

2 A2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Dr. **Franz Ahlgrimm** in Lindenberg. Die Erscheinungen der höheren Luftschichten über Lindenberg im Mai und Juni 1917. Wetter **34**, 142—144, 1917.
Die Temperatur der oberen Luftschichten im Mai und Juni 1917. Königl. Preuß. Aeronautisches Observatorium Lindenberg und Drachenstation am Bodensee in Friedrichshafen. Kartenbeilage zu Wetter **34**, Heft 7. 1917.
A. Kopfmüller in Friedrichshafen. Die aerologischen Arbeiten der Drachenstation am Bodensee im Juni 1917, Wetter **34**, 145—146, 1917.

2 A3. Luftfahrt und Flugwesen.

Prof. **Alexander Mc Adie.** Aeroplanes and Atmospheric Gustiness. Nature **99**, 125—126, 1917.
Aeroplanes and Propellers. Nature **99**, 145—147, 1917.
Das Gleichgewicht des magnetischen Kompasses im Flugzeug. ZS. f. Instrkde., Heft 6, 1917.

Digitized by Google

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

L. Ballif. Sur le détermination de la densité de l'air en fonction de l'altitude. C. R. **164**, 827—828, 1917.

2 C_1. Lufttemperatur.

A. Stentzel. Der große Temperatursturz des 5. u. 6. Mai 1917. Astr. ZS. 1917, Nr. 6.

Henryk Arctowski. Normal Anomalies of the Mean Annual Temperature Variation. Phil. Mag. (6) **33**, 487—495, 1917.

2 C_2. Strahlung.

Dr. **G. C. Simpson.** A very penetrating Radiation in the Atmosphere. Nature **99**, 124, 1917.

2 D. Luftdruck.

2 E. Winde und Stürme.

Winkel. Windeinwirkung auf fließende Gewässer. Zentralbl. d. Bauverwaltg. Nr. 43, 1917.

Oberlehrer **Molly** in Recklinghausen. Nachtrag zu der Schilderung des Modells der Wasserhose im Schulhofe. Wetter **34**, 154, 1917.

H. H. Hildebrandson. Om de stundern om wintern förekommende våldsamma oststormarna från de norske fjällen. Ymer 1917, Nr. 1.

2 F. Wasserdampf.

Felix Schmidt. Niederschläge durch starke Rauchentwickelung. Wetter **34**, 155—156, 1917.

J. Haeuser. Der Wolkenbruch in Nürnberg und Umgebung am 3. Juli 1914 und die gleichzeitigen Gewittererscheinungen in anderen Gegenden Bayerns. Abhandl. d. Bayer. Hydrotechn. Bureaus 1917.

R. Chudeau. La pluie en Nigeria et en Gold-Coast. La Géogr. 1916/17, Nr. 4.

A. Métrois. Les pluies dans la région d'In-Salah. Ann. d. géogr. 1917. 15. Janvier.

H. J. Lulofs. Aristoteles en Seneca over atmospherischen neerslag. (Vervolg.) Hemel en Dampkring 1917.

Sebert. Complément d'observations au sujet de l'influence possible des canonades violentes sur la chûte de la pluie. C. R. **164**, 703—704, 1917.

Sebert. Les violentes cannonades peuvent-elles provoquer la pluie? C. R. **164**, 663—669, 1917.

2 G. Niederschläge.

Niederschlagsmengen in Zentraleuropa in Millimetern im April und Mai 1917. Kartenbeilage zu Wetter **34**, Heft 7, 1917.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

A. Wagner, Pfr. Der Blitz am 18. Juni 1917 in Neuhengstett. Wetter **34**, 156, 1917.

Hellmann. Über die angebliche Zunahme der Blitzgefahr. Berl. Sitzber., Nr. 8/9, 1917.

Digitized by Google

2 I. Meteorologische Optik.

Albert Hofmann in Mehlem. Beiträge zur atmosphärischen Polarisation. I. Wetter **34**, 133—138, 1917.

C. Dorno, Davos. Atmosphärisch-optische Störungen. (Herbst 1911 bis Februar 1917.) Astr. Nachr. **205**, 45—47, 1917.

Obmann. Ein prächtiges Abendrot am 6. Mai 1917. Wetter **34**, 156, 1917.

E. Barkow. Über seltene Haloerscheinungen. Weltall **17**, Heft 3/4.

G. Guglielmo. Sulla durata teorica del raggio verde. Cim. (6) **12**, 157—165, 1916.

K. Hoecken, Friedenau. Graphische Darstellung des Verlaufes der bürgerlichen und astronomischen Dämmerung. Ann. d. Hydr. **45**, 258—259, 1917.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

E. Gold. The horizontal temperature gradient and the increase of wind with height. Nature, March 22, 1917.

2 M. Praktische Meteorologie.

Meyer. Die Wetterkarte der Württembergischen Meteorologischen Zentralstation. Wetter **34**, 156, 1917.

Dr. **G. Meyer** in Aachen. Lassen sich Vermutungen über den Verlauf des diesjährigen Sommerwetters und den Ausfall der Ernte aufstellen? Wetter **34**, 138—140, 1917.

2 N. Kosmische Meteorologie.

Otto Meißner in Potsdam. Die Sonnenfleckenperiode im Klima von Berlin. Wetter **34**, 148—153, 1917.

Durch die jüngsten Sonnenflecken verursachte Erscheinungen auf der Erde. Prometheus Nr. 35, 1917.

Meteorology and the solar constant. Nature, March 22, 1917.

2 O. Meteorologische Apparate.

A. Mc Adie. A new thermometer scale. Nat. Acad. of Sc. Proc. **2**, Nr. 12. Nature **99**, 139, 1917.

J. Hanke. Das Füllen von Quecksilberbarometern. Deutsche Uhrmacher-Woche Nr. 23, 1917.

2 P. Klimatologie.

V. Conrad. Beiträge zu einer Klimatologie von Serbien. Wien. Sitzber. **125**, Abt. II a, Heft 10.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

Almansi. Sulla forma dello sferoide terrestre dedotta dalle misure de gravità. Atti dei Lincei Rend. (5) **26**, 358—367, 1917.

Digitized by Google

Pizzelli. Sul moto di rotazione della Terra, a proposito di una recente comunicazione del Prof. Cerulli. Atti dei Lincei Rend. (5) **26**, 345—350, 1917.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

G. Viola. L'osservatorio vesuviano. Lincei Rend. (5) **25** [1], 69—73, 1916.

3 F. Erdbeben.

Luigi De Marchi. Sulla dispersione sismica. Risposta al professor E. Oddone. Lincei Rend. (5) **25** [2], 134—136, 1916.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

E. Thomson. Inferences concerning auroras. Nat. Acad. of Sc. **3**, No. 1. January. Nature **99**, 159, 1917.
L. Weber, Kiel. Magnetische Störungen nach Aufzeichnungen am Magnetischen Observatorium in Kiel. Astr. Nachr. **205**, 80, 1917.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Dr. **Bruno Schulz.** Die jährliche und halbjährliche Periode im Wasserstande der Nord- und Ostsee. Ann. d. Hydr. **45**, 252—258, 1917.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

Brig. Gen. **H. L. Abbot.** Hydrology of the Isthmus of Panama. Nat. Acad. of Sc. **3**, No. 1. January. Nature **99**, 160, 1917.
L. H. Vom Grundwasser. Prometheus **28**, 751—752, 1917.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Eis- und Wasserstandsverhältnisse der norddeutschen Ströme im Winter und Frühjahr 1917. Zentralbl. d. Bauverwaltg. 1917, Nr. 51.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **15. Oktober 1917.** **Nr. 19**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 19 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 15. bis 30. September 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

J. J. Arnold Lockhart Fletcher. Phil. Mag. (6) **33**, 585—586, 1917.

O. Müller. Adolf Ferdinand Weinhold †. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 329—330, 1917.

Victor Engelhardt. Faradays Stellung in der Geschichte der Physik. Naturw. Wochenschr. (N. F.) **16**, 465—472, 1917.

P. Martell. Das Kaiserliche Telegraphenversuchsamt zu Berlin. ZS. f. Post u. Telegr. **24**, Nr. 20, 1917. [Elektrotechn. u. Maschinenb. **35**, 464, 1917.

E. Jahnke. Zur Theorie der vierdimensionalen Vektoren und Dyaden. Arch. d. Math. u. Phys. (3) **26**, 23—35, 1917.

W. H. Young. On the Ordinary Convergence of Restricted Fourier Series. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 276—292, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

E. Magin. Aufgaben zur Physik des Krieges. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 297—306, 1917.

3. Maß und Messen.

Harry Allcock. The decimal system. A Lecture delivered at the Institution of Civil Engineers, Mar. 27, 1917. Chem. News **115**, 247—248, 1917.

Digitized by Google

Scott Armstrong and **Co.** British standards weights and measures v. metric or decimal system. Chem. News **115**, 239, 1917.

Marcuse. Die Libelle als Meßinstrument. D. Opt. Wochenschr. 1917, 362—365.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

E. T. Whittaker. A Treatise on the Analytical Dynamics of Particles and Rigid Bodies, with an Introduction to the Problem of Three Bodies. 2. ed. XII u. 432 S. Cambridge, At the University Press, 1917 (?). (Preis 15 s.) *

G. A. Maggi. Dinamica dei Sistemi. Lezioni sul calcolo del movimento dei Corpi naturali. Pisa 1917. *

F. J. W. Whipple. The Motion of a Particle on the Surface of a Smooth Rotating Globe. Phil. Mag. (6) **33**, 457—471, 1917.

P. E. Shaw. Gravitation and Thermodynamics. Nature **99**, 165, 1917.

F. Jüttner. Neue Schriften über die Relativitätstheorie. ZS. f. Elektrochem. **23**, 272—282, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

J. J. Guest and **F. C. Lea.** Torsional Hysteresis of Mild Steel. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 313—332, 1917.

O. Reinhold. Über mechanische Eigenschaften von Flußeisen bei verschiedenen Temperaturen. 27 S. Aachen 1916.

6. Hydromechanik.

Lord **Rayleigh.** On Periodic Irrotational Waves at the Surface of Deep. Water. Phil. Mag. (6) **33**, 381—389, 1917.

T. H. Havelock. The Initial Wave Resistance of a Moving Surface Pressure. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 240—253, 1917.

7. Kapillarität.

8. Aeromechanik.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

H. Lichte. Energieabsorption in Schallantennen. Phys. ZS. **18**, 393—395, 1917,

J. W. Giltay. On the „Wolf-note" in bowed stringed instruments. Phil. Mag. (6) **33**, 536, 1917.

2. Physiologische Akustik.

Daniel Jones. Analysis of the mechanism of speech. Nature **99**, 285—287, 1917.

Digitized by Google

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Francis A. Dugan. The Co-existence of matter and energy. Chem. News **115**, 237—239, 243—247, 1917.

W. M. Thornton. The Curves of the Periodic Law. Phil. Mag. (6) **34**, 70—75, 1917.

L. Silberstein. Molecular Refractivity and Atomic Interaction. II. Phil. Mag. (6) **33**, 521—533, 1917.

Frederick Soddy. The Stability of Lead Isotopes from Thorium. Nature **99**, 244—245, 1917.

Arthur Holmes. The Stability of Lead Isotopes from Thorium. Nature **99**, 245, 1917.

J. Joly. The Stability of Lead Isotopes from Thorium Nature **99**, 284 1917.

Erwin Schrödinger. Die Ergebnisse der neueren Forschung über Atom- und Molekularwärmen. Die Naturwissenschaften **5**, 537—543, 561—567, 1917.

H. Ley und **K. Ficken.** Isomerie und Lichtabsorption bei inneren Komplexsalzen. (Über innere Komplexsalze. XV.) Chem. Ber. **50**, 1123—1137, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

Ernst Jänecke. Vollständige Übersicht über die Lösungen ozeanischer Salze. I. A. Über Lösungen reziproker Salzpaare. ZS. f. anorg. Chem. **100**, 161—175, 1917.

Ernst Jänecke. Vollständige Übersicht über die Lösungen ozeanischer Salze II. B. Über die Lösungen der doppelt-ternären Salzgemische (Na_2-K_2-Mg) (Cl_2-SO_4) bei Sättigung an Chlornatrium. ZS. f. anorg. Chem. **100**, 176—236, 1917.

Lucrecia M. Blanc. Refractometry of Solutions. Ann. Soc. Quim. Argentina **4**, 294—314, 1916. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 229, 1917.

S. A. Shorter. Berkeley. On the Theory of Osmotic Equilibrium. Phil. Mag. (6) **34**, 31—33, 1917.

Frank Tinker. The Selective Properties of the Copper Ferrocyanide Membrane. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 268—276, 1917.

Frank Tinker. Osmotic Pressure: its Relation to the Membrane, the Solvent, and the Solute. Phil. Mag. (6) **33**, 428—450, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

Edgar Newbery. The Hydration of Ions and Metal Overvoltage. Journ. Chem. Soc. **111**, 470—489, 1917.

L. Jumau. Die Theorie des Bleiakkumulators. Rev. gén. de l'électr., 4. Aug. 1917. [Elektrotechn. u. Maschinenb. **35**, 464, 1917.

4. Photochemie.

Digitized by Google

5. Thermochemie.

W. D. Treadwell. Zur Berechnung von Gasgleichgewichten. ZS. f. Elektrochem. **23**, 270—272, 1917.

W. M. Thornton. The Nature of Chemical Affinity in the Combustion of Organic Compounds. Phil. Mag. (6) **34**, 66—70, 1917.

Richard Vernon Wheeler. The Influence of Pressure on the Ignition of a Mixture of Methane and Air by the Impulsive Electrical Discharge. Journ. Chem. Soc. **111**, 411—413, 1917.

Prafulla Chandra Ray, Manik Lal Dey and **Inanendra Chandra Ghosh.** Velocity of Decomposition and the Dissociation Constant of Nitrous Acid. Journ. Chem. Soc. **111**, 413—417, 1917.

William Cudmore Mc Cullagh Lewis. Studies in Catalysis. Part VII. Heat of Reaction, Equilibrium Constant, and Allied Quantities, from the Point of View of the Radiation Hypothesis. Journ. Chem. Soc. **111**, 457—469, 1917.

Robert Owen Griffith, Alfred Lamble and **William Cudmore Mc Cullagh Lewis.** Studies in Catalysis. Part VI. The Mutual Influence of two Reactions Proceeding in the Same Medium. Journ. Chem. Soc. **111**, 389—395, 1917.

J. C. Thomlinson. Electro-thermal position of boron. Chem. News **115**, 275, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

Paul Niggli. Zur Kristallsymmetrielehre des Diskontinuums (verallgemeinerte Symmetrielehre). Zentralbl. f. Min. 1917, 313—321.

L. Vegard. Results of Crystal Analysis. IV. Phil. Mag. (6) **33**, 395—428, 1917.

Zay Jeffries. Grain size measurements in metals, and importance of such information. A Paper read before the Faraday Society, May 9, 1916. Chem. News **115**, 193—194, 205—207, 218—219, 1917.

George Macdonald Bennett. The Crystal Form and Isomerism of Some Ferrocyanides. Journ. Chem. Soc. **111**, 490—494, 1917.

W. Kroll. Über die Darstellung des amorphen Bors. 44 S. Berlin 1917.

Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. Phys. ZS. **18**, 405—420, 1916.

Eberhard Zschimmer. Krankheiten der Gläser. D. Opt. Wochenschr. 1917 308—312, 321—323, 337—339.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

Robert W. Hutchinson. Advanced text-book of magnetism and electricity. Vol. 1. Magnetism and electrostatics. Vol. 2. Electrodynamics. 394 u. 486 S. Cambridge, University Press, 1917. (Preis 8 s. 6 d.)

R. A. Millikan. A new Determination of e, N, and Related Constants. Phil. Mag. (6) **34**, 1—30, 1917.

H. du Bois. Gewisse ebene Blattkurven und deren elektromagnetische Bedeutung. Arch. d. Math. u. Phys. (3) **26**, 36—47, 1917.

Digitized by Google

Ulfilas Meyer. Zur Theorie der dielektrischen Nachwirkung. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 139—154, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

Adolf Bolliger. Probleme der Potentialtheorie. Arch. f. Elektrot. **6**, 100—112, 1916.

Ulfilas Meyer. Zur Theorie der dielektrischen Nachwirkung. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 139—154, 1917.

Robert Jaeger. Die Dielektrizitätskonstante fester Körper bei verschiedenen Wellenlängen. 74 S. Diss. Berlin 1917.

4. Maße und Meßinstrumente.

C. M. Smith. Electric and magnetic measurements. 384 S. London, Macmillan, 1917. (Preis 10 s. 6 d.)

F. Raus. Anmerkung zur Vereinfachung des galvanischen Kalibrierens der Drähte nach der Methode Strouhal-Barus. ZS. f. Elektrochem. **23**, 269—270, 1917.

C. Dieterici. Zur Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus. Ein Lokalvariometer. Phys. ZS. **18**, 402—404, 1917.

K. Hermann Schübbe. Die Bestimmung der Wendepole bei Gleichstrommaschinen auf Grund praktischer Ergebnisse. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 453—457, 1917.

Eivind Styff. Der Phasenvergleich bei der Parallelschaltung von Wechselstrommaschinen. Elektrotechn. ZS. **38**, 461—465, 1917.

5. Apparate.

Gustav Benischke. Die Freileitungsisolatoren in der Entwickelung der Hochspannungstechnik. (Schluß.) Elektrotechn. ZS. **38**, 445—447, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

G. C. Simpson. A Very Penetrating Radiation in the Atmosphere. Nature **99**, 124—125, 1917.

R. J. Strutt. Spectroscopic Observations on the Active Modification of Nitrogen. V. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 254—267, 1917.

Digitized by Google

E. M. Wellisch. The Motion of Ions and Electrons through Gases. Phil. Mag. (6) **34**, 33—66, 1917.

Walter Hüttemann. Über die Emission von Elektronen und positiven Ionen an glühenden Drähten. Ann. d. Phys. (4) **52**, 816—848, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

G. Wendt. Spektralanalytische Untersuchungen an Kanalstrahlen von Kohlenstoff, Silicium und Bor. Ann. d. Phys. (4) **52**, 761—774, 1917.

Frederick Soddy. The Stability of Lead Isotopes from Thorium. Nature **99**, 244—245, 1917.

Arthur Holmes. The Stability of Lead Isotopes from Thorium. Nature **99**, 245, 1917.

J. Joly. The Stability of Lead Isotopes from Thorium. Nature **99**, 284, 1917.

J. Moran. A Comparison of Radium Standard Solutions (continued). Trans. Roy. Soc. Canada **10**, 77—84, 1916. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 230, 1917.

G. W. C. Kaye. X-rays. 2. ed. XXII u. 285 S. London, Longmans, Green and Co., 1917. (Preis 9 s.)

Heinz Bauer †. Physik der Röntgenologie. Mit einem Vorwort von E. Kromayer. Herausgegeben von Ilse Bauer. Mit einem Bildnis. 53 S. Berlin, Verlag von Hermann Meusser, 1917. (Bibl. d. phys.-med. Techniken, begründet von Heinz Bauer.) (Preis geb. 3 ℳ.)

Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. Phys. ZS. **18**, 405—419, 1917.

Tycho E:son Aurén. Notes on the Absorption of X-Rays. Phil. Mag. (6) **33**, 471—487, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

Kôtarô Honda. Magnetism and Matter. 320 u. 3 S. Tokyo, Syôkwabo, 1917 (?).

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

L. Schultheiß. Wirkungsgrad und Leistungsfähigkeit von Fernsprechleitungen. Arch. f. Elektrotechn. **6**, 73—79, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

Béla Pogány. Versuche über die Modifizierung des Faradayeffektes im Eisen in Anwesenheit nichtferromagnetischer Metalle. Phys. ZS. **18**, 422—428, 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

D. N. Mallik. Optical theories: based on lectures delivered before the Calcutta University. 190 S. Cambridge University Press, 1917. (Preis 7 s. 6 d.)

Digitized by Google

P. Ehrenfest. Adiabatic Invariants and the Theory of Quanta. Phil. Mag. (6) **33**, 500—513, 1917.

J. M. Burgers. Adiabatic Invariants of Mechanical Systems. Phil. Mag. (6) **33**, 514—520, 1917.

R. A. Millikan. A new Determination of e, N, and Related Constants. Phil. Mag. (6) **34**, 1—30, 1917.

A. Haas. Der positive Kern der Atome. Phys. ZS. **18**, 400—402, 1917.

L. Silberstein. Molecular Refractivity and Atomic Interaction. II. Phil. Mag. (6) **33**, 521—533, 1917.

Lord **Rayleigh.** The Theory of Anomalous Dispersion. Phil. Mag. (6) **33**, 496—499, 1917.

Eberhard Buchwald. Zur Theorie der Opaleszenzstrahlung. Ann. d. Phys. (4) **52**, 775—815, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

S. K. Banerji. Diffraction Phenomena in the Testing of Optical Surfaces. Nature **99**, 206, 1917.

Aue. Betrachtungen über den optischen Mittelpunkt. D. Opt. Wochenschr. 1917, 352—355.

C. Pritschow. Die Linsenformel, ihre Ableitung und Anwendung. ZS. f. Feinmech. **25**, 143—146, 152—154, 1917.

S. Schertel. Das Mikroskop. 143 S. Stuttgart 1917. (Preis 1,25 ℳ.)

Frederick Bates und **Richard F. Jackson.** Die Konstanten des Quarzkeilsaccharimeters und das spezifische Drehungsvermögen des Zuckers. ZS. Ver. D. Zuckerind. 1917, 347—406. [Chem. Zentralbl. 1917 [2], 249.

A. Herzfeld. Die Konstanten des Quarzkeilsaccharimeters und das spezifische Drehungsvermögen des Zuckers. ZS. Ver. D. Zuckerind. 1917, 347—406. [Chem. Zentralbl. 1917 [2], 249.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

L. Silberstein. Molecular Refractivity and Atomic Interaction. II. Phil. Mag. (6) **33**, 521—533, 1917.

Lord **Rayleigh.** The Theory of Anomalous Dispersion. Phil. Mag. (6) **33**, 496—499, 1917.

A. Anderson. Note on the Focometry of Lens Combinations. Phil. Mag. (6) **34**, 76—80, 1917.

H. Rubens. Über die Brechungsexponenten einiger fester Körper für kurze Hertzsche Wellen. Berl. Ber. 1917, 556—567.

Lucrecia M. Blanc. Refractometry of Solutions. Ann. Soc. Quim. Argentina **4**, 294—314, 1916. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 229, 1917.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

S. K. Banerji. Diffraction Phenomena in the Testing of Optical Surfaces. Nature **99**, 206, 1917.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Frederick Bates und **Richard F. Jackson.** Die Konstanten des Quarzkeilsaccharimeters und das spezifische Drehungsvermögen des Zuckers. ZS. Ver. D. Zuckerind. 1917, 347—406. [Chem. Zentralbl. 1917 [2], 249.

Digitized by Google

A. Herzfeld. Die Konstanten des Quarzkeilsaccharimeters und das spezifische Drehungsvermögen des Zuckers. ZS. Ver. D. Zuckerind. 1917, 347—406. [Chem. Zentralbl. 1917 [2], 249.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

E. P. Lewis. Recent progress in spectroscopy. Address delivered to Section B — Physics — of the American Association for the Advancement of Science at the New York meeting, December, 1916. Nature **99**, 115—118, 134—137, 1917.

R. J. Strutt. Spectroscopic Observations on the Active Modification of Nitrogen. V. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 254—266, 1917.

J. Hartmann. Ein ausgedehntes Absorptionsgebiet im Spektrum der Wasserstoffsterne. Phys. ZS. **18**, 429—432, 1917.

P. Debye. Optische Absorptionsgrenzen. Phys. ZS. **18**, 428—429, 1917.

H. W. L. Absalom. Studies of the Ultra-violet Transparency of Certain Coloured Media. Phil. Mag. (6) **33**, 450—455, 1917.

G. Wendt. Spectralanalytische Untersuchungen an Kanalstrahlen von Kohlenstoff, Silicium und Bor. Ann. d. Phys. (4) **52**, 761—774, 1917.

Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. Phys. ZS. **18**, 405—420, 1916.

H. Ley und **K. Ficken.** Isomerie und Lichtabsorption bei inneren Komplexsalzen. (Über innere Komplexsalze. XV.) Chem. Ber. **50**, 1123—1137, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

K. Simons. Das Flackern des Lichtes in elektrischen Beleuchtungsanlagen. Elektrot. ZS. **38**, 453—455, 465—468, 1917.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

R. Fürth. Über die Entropie eines realen Gases als Funktion der mittleren räumlichen Temperatur- und Dichteverteilung. Phys. ZS. **18**, 395—400, 1917.

Erwin Schrödinger. Die Ergebnisse der neueren Forschung über Atom- und Molekularwärmen. Die Naturwissenschaften **5**, 537—543, 561—567, 1917.

P. E. Shaw. Gravitation and Thermodynamics. Nature **99**, 165, 1917.

P. Ehrenfest. Adiabatic Invariants and the Theory of Quanta. Phil. Mag. (6) **33**, 500—513, 1917.

J. M. Burgers. Adiabatic Invariants of Mechanical Systems. Phil. Mag. (6) **33**, 514—520, 1917.

M. Jakob. Zur Thermodynamik des Drosselvorgangs. Bemerkung zur gleichnamigen Arbeit von R. Plank. Phys. ZS. **18**, 421—422, 1917.

Digitized by Google

2. Kinetische Theorie der Materie.

R. A. Millikan. A new Determination of e, N, and Related Constants. Phil. Mag. (6) **34**, 1—30, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

Erwin Schrödinger. Die Ergebnisse der neueren Forschung über Atom- und Molekularwärmen. Die Naturwissenschaften **5**, 537—543, 561—567, 1917.

7. Wärmeleitung.

Sophus Weber. Undersøgelser over luftarternes varmeledningsevne. 128 S. Diss. Kopenhagen 1916.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

The Royal Observatory, Greenwich. Nature **99**, 295—296, 1917.
Stonyhurst College Observatory Report. Nature **99**, 252, 1917.
Report of Mount Wilson Observatory. Nature **99**, 193, 1917.
Kodaikanal Observatory Report. Nature **99**, 272, 1917.
Dr. **Andrew C. D. Crommelin.** New Determinations of Proper Motions of Stars. Nature **99**, 175, 1917.
Stellar Spectra of Class R. Nature **99**, 172, 1917.
The Minimum Radiation Visually Perceptible. Nature **99**, 293, 1917.
F. H. Seares. Photographic magnitudes of stars in the selected areas of Kapteyn. Proc. of the National Acad. of Sc. **3**, No. 3. March, Washington. Nature **99**, 219, 1917.

1 B. Planeten und Monde.

P. Puiseux and **B. Jekhousky.** Study on the general form on the lunar globe. Acad. of Sc. Paris, April 10. Nature **99**, 199, 1917.
S. B. Nicholson. The ninth satellite of Jupiter. Proc. of the National Acad. of Sc. **3**, No. 3. March, Washington. Nature **99**, 219, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecke.

Two Eclipsing Variable Stars. Nature **99**, 252, 1917.
Parallax of Barnard's „Runaway" Star. Nature **99**, 293, 1917.
A. van Maanen. The parallax of the planetary nebula N. G. C. 7662. Proc. of the National Acad. of Sc. Washington **3**, No. 2, Febr. Nature **99**, 179, 1917.
The Problem of Spiral Nebulae. Nature **99**, 234, 1917.

1 D. Die Sonne.

P. Kempf. Bestimmung der Rotation der Sonne aus der Bewegung von Kalziumflocken. Publikat. d. Astrophys. Obs. Potsdam **23**, Nr. 71.
A. Ricco. Relazione fra la corona e le protuberanze solari. Lincei Rend. (5) **25** [2], 3—7, 1916.
J. Wilsing. Über die Helligkeitsverteilung im Sonnenspektrum nach bolometrischen Messungen und über die Temperatur der Sonnenphotosphäre. Publikat. d. Astrophys. Obs. Potsdam **23**, Nr. 72.
J. Spijkerboer. Verstrooïng van Licht en Intensiteitsverdeeling over de Zonneschijf. Acad. Proefschrift Wis. en Natuurkde. Rijks-Univ. te Utrecht 1917.
Displacement of Solar Lines. Nature **99**, 234, 1917.
Sir **Joseph Larmor** and **N. Yamaga.** Permanent periodicity in sun-spots. Roy. Soc. of London, May 10. Nature **99**, 258, 1917.

1 E. Kometen.

Digitized by Google

1 F. Meteore und Meteoriten.

The April Lyrids. Nature **99**, 172, 1917.
The Aquarids of Halley's Comet. Nature **99**, 214, 1917.
Fireballs in June. Nature **99**, 271, 1917.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Prof. J. W. Gregory. Ben Nevis and Glen Coe. Nature **99**, 173—174, 1917.
Chas. Harding. The Past Winter. Nature **99**, 294, 1917.
H. Mohn. Roald Amundsen's Antartic expedition. Scientific results. Meteorology. Skrifter utgit av Videnskapsselskapet it Kristiania math.-nat. Kl. 1—78: Kristiania 1916.
Marya Kahamocoicz. Sulla meteorologia di Napoli. Lincei Rend. (5) **25** [1], 303—309, 1916.
J. E. Clark and **H. B. Adames.** Report on the phenological observations for 1916. Roy. Met. Soc., May 16. Nature **99**, 259, 1917.
Observations météorologiques faites au Grand-Saint-Bernard pendant le mois de Mai 1917. Arch. sc. phys. et nat. **122**, 517—520, 1917.
Observations météorologiques faites à l'observatoire de Genève pendant le mois de Mai 1917. Arch. sc. phys. et nat. **122**, 513—517, 1917.
Die Witterung an der deutschen Küste im Juni 1917. Ann. d. Hydr. **45**, 312—314, 1917.

2 A2. Erforschung der oberen Luftschichten.

2 A3. Luftschiffahrt und Flugwesen.

Gordon Dobson, C. E. Stromeyer. Aeroplanes and Atmospheric Gustiness. Nature **99**, 164—165, 1917.
S. L. Walkden. Aeroplanes and Atmospheric Gustiness. Nature **99**, 225, 1917.
Engineering Aerodynamics. Nature **99**, 241—242, 1917.
Commercial Aeronautics. Nature **99**, 294, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

Dr. J. Aitken. Some nuclei of cloudy condensation. Roy. Soc. Edinburgh. March 19. Nature **99**, 239, 1917.

2 C1. Lufttemperatur.

E. Huntington. Temperature optima for human energy. Proc. of the National Acad. of Sc. Washington No. 2, **3**, Febr. Nature **99**, 179, 1917.
G. Schwalbe. Temperaturbeobachtungen in Berlin und Umgebung. Tätigkeitsber. d. Kgl. Preuß. Met. Inst. 1916.
A. Stentsel. Die große Wärmeperiode des Mai und Juni 1917. Astr. ZS. Nr. 7, 1917.
G. Hellmann. Die wärmsten und die kältesten Tage in Berlin seit 1766. Tätigkeitsber. d. Kgl. Preuß. Met. Inst. 1916.

2 C2. Strahlung.

Digitized by Google

2 D. Luftdruck.

Filippo Eredia. Andamento annuale della pressione barometrica in Italia. Lincei Rend. (5) **26** [1], 240—245, 1917.

E. G. Bilham. The diurnal variation of atmospheric pressure at Benson, Oxon, during 1915. Roy. Met. Soc., April 18. Nature **99**, 178, 1917.

2 E. Winde und Stürme.

G. Hellmann. Die Windgeschwindigkeit auf der Schneekoppe. Tätigkeitsber. d. Kgl. Preuß. Met. Inst. 1916.

2 F. Wasserdampf.

2 G. Niederschläge.

H. J. Lulofs. Aristoteles en Seneca over atmospherischen Neerslag. (Vervolg.) Hemel en Dampkring 1917, Juni.

C. Kaßner. Über den Einfluß der Meßstellen auf die Darstellung der Niederschlagsverteilung in Karten. Tätigkeitsber. d. Kgl. Preuß. Met. Inst. 1916.

L. C. W. Bonacina. The Frequency of Snow in London. Nature **99**, 185, 1917.

Frederik J. Brodie et **E. L. Hawke.** The Frequency of Snow in London. Nature **99**, 205, 1917.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

M. Toepler. Gewitter und Blitze. (Vortrag.) kl. 8°. 16 S. m. Fig. im Text u. auf 4 Tafeln. Dresden 1917. E H. Meyer. (Preis 0,50 ℳ)

Lieut. **C. D. Stewart.** Atmospheric electrical phenomena during rain. Roy. Met. Soc., April 18. Nature **99**, 178—179, 1917.

2 I. Meteorologische Optik.

S. W. Visser. Kleuren van Halo's. Hemel en Dampkring, 1917, Juni.

G. Guglielmo. Sulla dureta teorica del raggio verde. Lincei Rend. (5) **25** [1], 417—423, 1916.

G. Guglielmo. Intorno ad alcune particolarita del raggio verde. Lincei Rend. (5) **25** [1], 296—302, 1916.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

Felix M. Exner, ord. Prof. d. Phys. d. Erde an d. Univ. Wien u. Dir. d. k. k. Zentralanstalt f. Met. u. Geodynamik. Dynamische Meteorologie. Mit 68 Fig. im Text. 8°. X u. 308 S. Leipzig und Berlin 1917. (Teubner.) Gebd. 18,50 ℳ. Ref.: Alfred Wegener. Ann. d. Hydr. **45**, 307—309, 1917.

2 M. Praktische Meteorologie.

L. Roosenburg. De nederlandsche Stormwaarschouwingsdeenst van 1. April 1900 — 1. April 1916. De Zee 1917, No. 7.

Volkswijsheid over het weer. Hemel en Dampkring 1917, Juni.

2 N. Kosmische Meteorologie.

Digitized by Google

2 O. Meteorologische Apparate.

R. Süring. Über den Einfluß der Kuppenhöhe auf Barometerangaben. Tätigkeitsber. d. Kgl. Preuß. Met. Inst. 1916.

2 P. Klimatologie.

van der Stok. Bijdrag toh de kennis van het klima van Nederland. De temperatur van lucht en zee. Tijdschr. Nederl. Aardrijksk. Genootschap. 1917, No. 4.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

Dr. **P. E. Shaw.** Gravitation and Thermodynamics. Nature **99**, 165, 1917.
Horace Lamb. On the Deflection of the Vertical by Tidal Loading of the Earth's Surface. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 293—312, 1917.
Rochoewasan. Is er leemte tusschen lengtepunt en circummeridian breedtepunt? De Zee 1917, No. 7.
H. Gadero. Die Auswertung der Standlinien. Ann. d. Hydr. **45**, 304—307, 1917.
W. Immler, Elsfleth. Die Linien gleicher Azimutdifferenz und das Pothenotsche Problem auf der Kugel. Ann. d. Hydr. **45**, 273—295, 1917.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

Gaetano Platania. I fenomeni eruttivi dello Stromboli nel novembre 1915. Lincei Rend. (5) **25** [1], 316—321, 1916.
G. Ponte. Lo Stromboli dono il parossismo del 1915. Lincei Rend. (5) **25** [1], 373—377, 1916.
A. Ricco. Parossismo dello Stromboli nel 1915. Lincei Rend. (5) **25** [1], 251—259, 1916.

3 F. Erdbeben.

G. Agamennone e **A. Cavasino.** La velocità di propagazione del terremoto ligure dell 23 febbraio 1887. Lincei Rend. (5) **26** [1], 167—171, 1917.
Emilio Oddone. Per la teoria della dispersione sismica. Lincei Rend. (5) **25** [2], 35—41, 1916.
L. De Marchi. Applicazione della teoria delle onde superficiale all'analisi dei sismogrammi. Nota II. Lincei Rend. (5) **25** [1], 502—508, 1916.
G. Agamennone. Rettifiche e considerazioni sulla velocità del terremoto del 13 gennaio 1915. Lincei Rend. (5) **26** [1], 406—411, 1917.
C. Somigliana. Sulla propagazione delle onde sismiche. Nota I. Lincei Rend. (5) **26** [1], 369—381, 1917.
C. Somigliana. Sulla propagazione delle onde sismiche. Nota II. Lincei Rend. (5) **26** [1], 472—480, 1917.

Digitized by Google

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Ad. Schmidt. Vorläufige Mitteilungen über die Ergebnisse der magnetischen Beobachtungen in Potsdam und Seddin im Jahre 1916. Tätigkeitsber. d. Kgl. Preuß. Met. Inst. 1916.

A. Palagi. Rilevamenti di anomalie magnetiche nei dintorni di Roma I.: Osservazioni lungo la via Appia antica. Lincei Rend. (5) **26** [1], 64—70, 1917.

A. Palagi. Rilevamenti di anomalie magnetiche nei dintorni di Roma II.: Osservazioni sulla variazioni col tempo di alcune anomalie. Lincei Rend. (5) **26** [1], 123—126, 1917.

Kr. Birkeland. On a possible crucial test of the theories of auroral curtains and polar magnetic storms. Skrifter utgit av Videnskapsselskapet i Kristiania math.-nat. Kl. 1—6. Kristiania 1916.

Persistent Aurora. Nature **99**, 193, 1917.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

C. Chun. Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer „Valdivia" 1898—1899. Im Auftrage des Reichsamts des Innern herausgegeben von . . . **23**. 1. Heft. Jena 1917. (Subskr.-Preis 5,50 ℳ.)

Mededeelingen van de afdeeling Oceanographie en Maritieme Meteorologie van het K. N. Meteorol. Institut. De Zee 1917, No. 7.

D. W. Horner. Ocean currents and current meters. Nautical Magaz. 1917, Mai.

Fridtjof Nansen. Spitzbergen waters. Oceanographic observations during the cruise of the „Veslemoy" to Spitzbergen in 1912. Skrifter utgit av Videnskapsselskapet i Kristiania 1915, math.-nat. Kl. 1—312. Kristiania 1916.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

Eis- und Wasserstandsverhältnisse der norddeutschen Ströme im Winter und Frühjahr 1917. Zentralbl. d. Bauverwaltg. Nr. 52, 1917.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

P. H. Gallé. Overzicht der ijswaarnemingen langs de Noordzee en Zuiderzeekusten en mondingen der groote rivieren. De Zee 1917, No. 7.

P. L. Mercanton. Rapport annuel sur les variations des glaciers suisses. Arch. sc. phys. et nat. **122**, 507—508, 1917.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **30. Oktober 1917.** **Nr. 20.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 20 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 15. Oktober 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Felix Auerbach. Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Einführung in die Physik. 4. Aufl. 14.—19. Tausend. Mit 71 Figuren im Text. IV u. 146 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1917. (Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt, 40. Bd.) (Preis geb. 1,50 ℳ.) *

W. Müller. Technische Tabellen und Formeln. 148 S. mit 106 Abb. Berlin und Leipzig, G. J. Göschen, 1917 (Sammlung Göschen, Nr. 579). (Preis geb. 1 ℳ.) *

C. Chree. Prof. Kr. Birkeland. Nature **99**, 349, 1917.

E. Zschimmer. Technische Naturforschung. Die Naturwissenschaften **5**, 629—634, 1917.

National Physical Laboratory. Electrician **79**, 511—512, 550—551, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

C. Ibrügger. Philosophische Fragen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 225—241, 1917.

Julius Ruska. Kristallographische Meßübungen und Rechenaufgaben. Unterrichtsbl. f. Math. u. Naturw. **23**, 76—82, 1917.

Richard Kempf. Methoden zur Erzeugung regelmäßiger Temperaturoscillationen von beliebig einstellbarer Schwingungsweite in Luftbädern oder festen Körpern. Mitt. Materialprüfungsamt **34**, 468—477, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 261.

3. Maß und Messen.

W. Alexandrow. Elementare Grundlagen für die Theorie des Maßes. 87 S. Zürich 1916.

Digitized by Google

P. Labitzke. Die instrumentellen Hilfsmittel zur Beseitigung der persönlichen Fehler bei astronomischen Durchgangsbeobachtungen. D. Opt. Wochenschr. 1917, 378—381.

Anders Ångström und Hans Pettersson. Ein neues Totalimmersions-Aräometer mit Kettenbelastung. ZS. f. Instrkde. **37**, 177—180, 1917.

Junius David Edwards. A specific gravity balance for gases. Journ. Franklin Inst. **183**, No. 3, 1917. [Chem. News **115**, 279, 1917.

Hugo Schultze †. Über das spezifische Gewicht des Argons. ZS. f. kompr. u. fl. Gase **19**, 1—3, 1917.

F. M. Lidstone. Ein Quecksilberviskosimeter. Journ. Soc. Chem. Ind. **36**, 270—272, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 261.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

R. J. A. Barnard. Elementary Dynamics of the Particle and Rigid Body. VI u. 374 S. London, Macmillan and Co., 1916. (Preis 6 s.).

R. C. Fawdry. Dynamics. Part I. VIII, 177 u. IX S. London, G. Bell and Sons, 1916. (Preis 3 s.)

E. T. Whittaker. A Treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies; with an introduction to the problem of three bodies. 2nd ed. 444 S. Cambridge, University Press, 1917. (Preis 15 s.)

A. Einstein. Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie. (Gemeinverständlich.) 2. Aufl. Mit 3 Figuren. IV u. 70 S. Braunschweig, Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, 1917. (Sammlung Vieweg, Heft 38.) (Preis 2,80 ℳ.)

J. S. G. Thomas. Gravitation and Thermodynamics. Nature **99**, 405, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

H. Kayser. Beziehungen zwischen Druckfestigkeit und Biegungsfestigkeit. ZS. d. Ver. d. Ing. **61**, 92—97, 124—127, 1917.

6. Hydromechanik.

M. Merriman. Treatise on Hydraulics. 10. ed. X u. 565 S. New York, John Wiley and Sons; London, Chapman and Hall, Ltd., 1916. (Preis 18 s. 6 d.)

Alfred Denizot. Über das de Saint-Venantsche Problem. S.-A. Prace mat.-fiz. Warschau **28**, 195—212, 1917. (Polnisch.)

S. E. Sheppard. Measurement of the Absolute Viscosity of very Viscous Media. Journ. Ind. Eng. Chem. **9**, 523—527, 1917. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 359, 1917.

W. Nußelt. Prüfung des Verfahrens von Kraus zur Berechnung der Rohrdurchmesser der Schwerkraftwarmwasserheizung. S.-A. Gesundheits-Ingenieur 1917, Nr. 28, 21 S.

Adolf Schneider. Die versuchsmäßige Bestimmung der Ausflußzahlen von Ponceletöffnungen für Wasser und Kochsalzlösungen und Erörterung des inneren Zusammenhanges dieser Zahlen. ZS. f. d. ges. Kälte-Ind. **24**, 67—71, 1917.

7. Kapillarität.

Wilder D. Bancroft. Liquid Films in Capillary Tubes. Journ. Phys. Chem. **21**, 407—425, 1917. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 362, 1917.

Olga Kudlac. Über den Einfluß der Kapillarweiten bei der Bestimmung der Kapillaritätskonstante nach der Jäger-Martinschen Methode. S.-A. Wien. Ber. **125** [2a], 1077—1082, 1916.

Digitized by Google

8. Aeromechanik.

C. Cranz. Lehrbuch der Ballistik. Erster Band. Äußere Ballistik oder Theorie der Bewegung des Geschosses von der Mündung der Waffe ab bis zum Eindringen in das Ziel. In 2. Aufl. herausgegeben von C. Cranz, unter Mitwirkung von K. Becker. Gleichzeitig dritte und vollständig umgearbeitete Auflage des „Compendiums der theoretischen äußeren Ballistik" von 1896. Mit 184 Figuren im Text und 4 Lichtdrucktafeln. XVI u. 528 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1917. (Preis 19 ℳ, geb. 20 ℳ.)

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

2. Physiologische Akustik.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Gervaise Le Bas. The volumes of the atoms at absolute Zero. Chem. News **116**, 1—2, 1917.

A. Findlay. The reality of atoms. Chem. News **116**, 8—9, 1917.

F. H. Loring. Matter and electrical phenomena. Chem. News **116**, 50, 1917.

William A. Noyes. A kinetic hypothesis to explain the function of electrons in the chemical combination of atoms. Chem. News **116**, 43—44, 1917.

Nils Pihlblad. Über einen neuen Beweis für die körperliche Existenz der Moleküle. (VI. Mitteilung.) Die Lichtabsorption molekularer und kolloider Schwefellösungen. ZS. f. phys. Chem. **92**, 471—495, 1917.

S. C. F. Lister. Re new element. Chem. News **115**, 288, 1917.

W. Bramley. Re new element. Chem. News **116**, 47, 1917.

Hugo Schultze †. Über das spezifische Gewicht des Argons. ZS. f. kompr. u. fl. Gase **19**, 1—3, 1917.

K. Grossmann. Einige physikalische Eigenschaften des kolloiden Eisens. 64 S. Erlangen 1916.

Wilhelm Kroll. Über die Darstellung des amorphen Bors. 44 S. Diss. Techn. Hochschule Berlin 1917.

Horace Barratt Dunnicliffe. A simple method for the purification of mercury. Chem. News **116**, 41—42, 1917.

Theodore W. Richards and **Norris F. Hall.** Attempt to separate the isotopic forms of lead by fractional crystallisation. Chem. News **115**, 281—283, 294—296, 1917.

Frederick Soddy. The complexity of the chemical elements. Chem. News **116**, 73—75, 85—87, 98—101, 1917. Nature **99**, 414—418, 433—438, 1917.

Gervaise Le Bas. The molecular refractivities of certain elements and simple compounds. Chem. News **115**, 277—278, 1917.

Irving Langmuir. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I. Solids. Chem. News **116**, 42—43, 54—57, 66—68, 78—81, 87—90, 101—104, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

Max Volmer. Die lichtelektrische Ionisierung von Lösungen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 186—189, 1917.

Digitized by Google

A. M. Williams. The Adsorption of Sulphur Dioxide by Charcoal at -10^0. Proc. Roy. Soc. Edinb. **37**, 161—172, 1916. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 862, 1917.

A. Griffiths. Calculation of the Coefficient of Diffusion of a Salt at a Definite Concentration. Proc. Phys. Soc. **29**, 159—162, 1917. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 294, 1917.

Toni Hamburger. Diffusion und Osmose unter der Wirkung kapillarelektrischer Kräfte. ZS. f. phys. Chem. **92**, 385—420, 1917.

Frank Tinker. The colloidal membrane: its properties and its functions in the osmotic system. Contribution to a General Discussion on „Osmotic Pressure" held by the Faraday Society, May 1, 1917. Chem. News **116**, 16—17, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

J. Howard Mathews and **Alfred J. Johnson.** Electrical Conductivity of Several Salts in Pyridine. Journ. Phys. Chem. **21**, 294—310, 1917. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 289, 1917

N. E. Loomis, C. N. Myers, and **S. F. Acree.** Potential of the Hydrogen Electrode at Different Pressures. Journ. Phys. Chem. **21**, 334—337, 1917. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 289, 1917.

F. S. Mortimer and **J. N. Pearce.** Electromotive Forces and Electrode Potentials in Pure and Mixed Solvents. II. Journ. Phys. Chem. **21**, 275—293, 1917. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 289—290, 1917.

Edgar Newbery. The Theory of Overvoltage. Mem. Manchester Phil. Soc. **60**, No. 11, 34 S., 1916. [Journ. Chem. Soc. **112** [2]. 290, 1917.

C. F. Burgess. Characteristics of small dry cells. Electrician **79**, 786—787, 1917.

D. Holde. Weiteres über die elektrische Erregbarkeit von Benzin und ähnlicher feuergefährlicher Flüssigkeiten. Petroleum **12**, 633—636, 1917.

4. Photochemie.

Alfred Benrath. Photochemische Reaktionen von Verbindungen seltener Elemente. II. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 253—261, 1917.

W. Scheffer. Die Grundlagen der Photographie. Mit 81 Figuren, einer Farbtafel und 4 Farbfiltern. Berlin, Union Deutsche Verlagsgesellschaft, 1917. (Photographische Bibliothek.) (Preis 3,60 ℳ, geb. 4,30 ℳ.)

5. Thermochemie.

H. Stanley Redgrove. A contribution to the energy theory of matter. Chem. News **116**, 37—40, 1917.

J. Milikan. Die Oxyhaloide der alkalischen Erden. Gleichgewichte in ternären Systemen. II. ZS. f. phys. Chem. **92**, 496—510, 1917.

Ernst Beckmann und **Otto Liesche.** Über den Molekularzustand der Essigsäure in siedendem Benzol und im gesättigten Dampf der Lösung. (Nach gemeinsamen Versuchen mit Werner Gabel.) ZS. f. phys. Chem. **92**, 421—432, 1917.

Ernst Cohen und **A. M. Valeton.** Piezochemische Studien. XIV. Der Einfluß des Druckes auf die Reaktionsgeschwindigkeit in kondensierten Systemen. ZS. f. phys. Chem. **92**, 433—470, 1917.

Digitized by Google

Nilratan Dhar. Catalysis. Part III. Some Induced Reactions. Journ. Chem. Soc. **111**, 690—706, 1917.

Nilratan Dhar. Catalysis. Part IV. Temperature Coefficients of Catalysed Reactions. Journ. Chem. Soc. **111**, 707—762, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

A. van der Ven. Röntgenogramme von Kristallzwillingen. Chemisch Weekblad **14**, 488—491, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 318.

A. C. Michie. Devitrification of Quartz Glass. Nature **99**, 484, 1917.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

F. H. Loring. Matter and electrical phenomena. Chem. News **116**, 50, 1917.

A. Press. The vector analysis of electrical vector diagrams. Electrician **79**, 745, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

D. Holde. Weiteres über die elektrische Erregbarkeit von Benzin und ähnlicher feuergefährlicher Flüssigkeiten. Petroleum **12**, 633—636, 1917.

4. Maße und Meßinstrumente.

Charles Marquis Smith. Electric and Magnetic Measurements. XII u. 373 S. New York, The Macmillan Co.; London, Macmillan and Co., Ltd., 1917. (Preis 10 s. 6 d.) *

Chester L. Dawes. Electrical Measurements and Testing: Direct- and Alternating-Current. New York, John Wiley and Sons. (Preis 3 s.) *

W. H. Nottage. The Calculation and Measurement of Inductance and Capacity. 137 S. London, The Wireless Press, Ltd. (Preis 2 s. 6 d.) *

W. A. Douglas Rudge. A self-recording electrometer for atmospheric electricity. Electrician **79**, 345—346, 1917.

Ernest Weibel. A study of electromagnet moving coil galvanometers for use in alternating current measurements. Electrician **79**, 738—741, 1917.

A. E. Moore. New concentric standard dynamometer wattmeter for heavy currents: and concentric non-inductive standards of low resistance. Electrician **79**, 539—541, 576—578, 1917.

T. Parnell. An alternating current bridge method of comparing two fixed inductances at commercial frequencies. Electrician **79**, 771—772, 1917.

Oscar de Wette. A resistance bridge for workshop use. Electrician **79**, 393, 1917.

August Hund. A new method for the determination of magnetic flux-density and permeability. Electrician **79**, 817, 1917.

Digitized by Google

5. Apparate.

L. Birks and E. Webb. The resistance of earth connections. Electrician **79**, 343—345, 1917.

Ad. Thomälen. Der Hub eines Wechselstrommagnets. Elektrot. ZS. **38**, 473—474, 1917.

F. Dessauer. Über einen neuen Hochspannungstransformator und seine Anwendung zur Erzeugung durchdringungsfähiger Röntgenstrahlen. Verh. D. Phys. Ges. **19**, 155—230, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

Emil Podszus. Widerstände einiger reiner Isolatoren bei hohen Temperaturen, Thermionenströme und Dissoziation. Verh. D. Phys. Ges. **19**, 231—238, 1917.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Robert Wright. „Spark-Lengths" in Various Gases and Vapours. Journ. Chem. Soc. London **111**, 643—649, 1917.

Inanendra Chandra Ghosh. The Discharge Potentials of Ions on Heated Electrodes. I. Journ. Phys. Chem. **21**, 426—432, 1917. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 852—853, 1917.

The electrical properties of gases (Concluded). Electrician **79**, 505—506, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

Tarini Charan Choudhari. Some enquiries into the explanation of radium disintegration. Chem. News **116**, 25—27, 1917.

Theodore W. Richards and Norris F. Hall. Attempt to separate the isotopic forms of lead by fractional crystallisation. Chem. News **115**, 281—283, 294—296, 1917.

Frederick Soddy. The complexity of the chemical elements. Chem. News **116**, 73—75, 85—87, 98—101, 1917. Nature **99**, 414—418, 433—438, 1917.

J. Joly. Radio-active halos. Discourse delivered at the Royal Institution on Friday, May 11. [Nature **99**, 456—458, 476—478, 1917.

G. H. Henderson. Initial Charged Condition of the Active Deposits of Radium, Thorium, and Actinium. Trans. Roy. Soc. Canada **10**, 151—167, 1917. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 351—352, 1917.

Robert W. Lawson. Nachtrag zu meiner Arbeit „Über absolute Zeitmessung in der Geologie auf Grund der radioaktiven Erscheinungen." (Zu S. 452.) Die Naturwissenschaften **5**, 610, 1917.

Jun Ishiwara. Relations between the Spectra of X-Rays. Nature **99**, 424, 1917.

Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. (Fortsetzung.) Phys. ZS. **18**, 432—443, 1917.

Digitized by Google

F. Dessauer. Über einen neuen Hochspannungstransformator und seine Anwendung zur Erzeugung durchdringungsfähiger Röntgenstrahlen. Verh. D. Phys. Ges. **19**, 155—230, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

Ralph Bown. The characteristics of iron in high frequency magnetic fields. Electrician **79**, 614—616, 1917.

August Hund. A new method for the determination of magnetic flux-density and permeability. Electrician **79**, 817, 1917.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

14. Elektro- und Maguetooptik. Lichtelektrizität.

Max Volmer. Die lichtelektrische Ionisierung von Lösungen. ZS. f. wiss. Photogr. **16**, 186—189, 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

Joseph Larmor. Radiation-Pressure, Astrophysical Retardation, and Relativity. Nature **99**, 404, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

C. Pritschow. Die Linsenformel, ihre Ableitung und Anwendung. ZS. f. Feinmech. **25**, 143—146, 152—154, 163—165, 1917.

O. Henker. Der Punktuellitätsprüfer. ZS. f. Feinmech. **25**, 159—161, 1917.

E. Weiß. Über die astigmatischen Fehler sphärotorischer Brillengläser. D. Opt. Wochenschr. 1917, 370—373.

H Löschner. Über Doppelbild-Fernmesser (Invert-Telemeter). ZS. f. Instrkde. **37**, 183—187, 1917.

M. Wolfke. Über eine neue Quarzlampe. Verh. D. Phys. Ges. **19**, 239—240, 1917.

N. P. Peskov. Quantitative Light-filter for the Ultra-violet Part of the Spectrum. Journ. Phys. Chem. **21**, 382—401, 1917. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 349, 1917.

Frederick Russell Lankshear. Quantitative Absorption Spectra. II. A New Ultra-violet Photometer. Mem. Manchester Phil. Soc. **60**, No. 10, 1—4, 1916. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 283, 1917.

N. A. Halbertsma. Der Reflektor. Elektrot. ZS. **38**, 482—485, 1917.

W. Scheffer. Die Grundlagen der Photographie. Mit 81 Figuren, einer Farbtafel und 4 Farbfiltern. Berlin, Union Deutsche Verlagsgesellschaft, 1917. (Photographische Bibliothek.) (Preis 3,60 ℳ, geb. 4,30 ℳ.)

Arthur Kerber. Ein Nachtrag. ZS. f. Instrkde. **37**, 180—183, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

Keferstein. Die Abbesche Theorie des Strahlenganges. D. Opt. Wochenschr. 1917, 385—387.

Digitized by Google

Gervaise Le Bas. The molecular refractivities of certain elements and simple compounds. Chem. News **115**, 277—278, 1917.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

J. K. Robertson. Visibility of Interference Fringes and the Double Slit. Nature **99**, 424, 1917.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

W. M. Watts. Index of Spectra. Appendix X. London, W. Wesley and Son.

Frederick Russell Lankshear. Quantitative Absorption Spectra. II. A New Ultra-violet Photometer. Mem. Manchester Phil. Soc. **60**, No. 10, 1—4, 1916. [Journ. Chem. Soc. **112** [2], 283, 1917.

Nils Pihlblad. Über einen neuen Beweis für die körperliche Existenz der Moleküle. (VI. Mitteilung.) Die Lichtabsorption molekularer und kolloider Schwefellösungen. ZS. f. phys. Chem. **92**, 471—495, 1917.

Jun Ishiwara. Relations between the Spectra of X-Rays. Nature **99**, 424, 1917.

Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. (Fortsetzung.) Phys. ZS. **18**, 432—443, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

Elizabeth Mac Dougall, Alfred Walter Steward, and **Robert Wright.** Phosphorescent Zinc Sulphide. Journ. Chem. Soc. London **111**, 663—683, 1917.

8. Physiologische Optik.

G. F. Göthlin. Studien über die Energieschwelle für die Empfindung rot in ihrer Abhängigkeit von der Wellenlänge der Lichtstrahlung. Svensk. Vetenskapsakad. Handl. **58**, 89 S., 1917.

K. Simons. Das Flackern des Lichtes in elektrischen Beleuchtungsanlagen. (Schluß.) Elektrot. ZS. **38**, 474—476, 1917.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

J. S. G. Thomas. Gravitation and Thermodynamics. Nature **99**, 405, 1917.

Wilhelm Nußelt. Die Entropievermehrung in der Gasmaschine durch die nicht umkehrbare Ausführung der Verbrennung. S.-A. ZS. f. d. ges. Turbinenwesen 1917, Heft 1—3, 9 S.

2. Kinetische Theorie der Materie.

3. Thermische Ausdehnung.

Digitized by Google

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

S. C. J. Olivier. Mitteilung über Quecksilberverdampfung in Thermometern. Chemisch Weekblad **14**, 325, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 261.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

J. E. Mills. Molecular Attraction. XIV. Specific Heats of the Elements and some Energy Changes. Journ. Phys. Chem. **21**, 345—381, 1917. [Journ. Chem Soc. **112** [2], 356, 1917.

G. v. Kozicki und St. v. Pilat. Schmelzwärme von Paraffin. Chem. Umschau d. Rev. Fett- u. Harz-Ind. **24**, 71—74, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 328.

7. Wärmeleitung.

Wilhelm Nusselt. Der Wärmeübergang im Rohr. S.-A. ZS. d. Ver. d. Ing. 1917, 685.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

1 B. Planeten und Monde.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

1 D. Die Sonne.

A. Wolfer. Provisorische Sonnenflecken-Relativzahlen für das zweite Quartal 1917. Met. ZS. **34**, 265, 1917.

C. Dorno, Davos. Ringerscheinungen um die Sonne während der Jahre 1912 bis 1917 und ihre Beziehung zur Sonnentätigkeit. Met. ZS. **34**, 246—260, 1917.

E. Schwoerer. Nouvelles recherches sur la détermination de la constante solaire. Genève 1916. 8^0. S.-A. Arch. sc. phys. et nat. de Genève (4) **42**, 119—122.

1 E. Kometen.

M. Viljev. Sur les observations photographiques de la comète Encke-Backlund faites en 1916. Ephémeride pour 1917. Astr. Nachr. **205**, 122—126, 1917.

1 F. Meteore und Meteoriten.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Rudolf Mehmke. Leitfaden zum graphischen Rechnen. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1917. 8^0. VIII, 152 S., 1 Tafel. (Sammlung math.-phys. Lehrbücher, herausgegeben von E. Jahnke, Nr. 19. Preis 4,80 ℳ. Ref.: R. Süring, Met. ZS. **34**, 271, 1917.

A. J. Monnmé. Overzicht der weerkundige waarnemingen to De Bilt, 1897—1916. Hemel en Dampkring **14**, 183—185, 1917.

F. Åkerblom. Bulletin mensuel de l'Observatoire Météorologique de l'université d'Upsala. **48**. Année 1916. Upsala 1916—1917. 4^0. 1 Bl., 74 S.

Anuario Meteorologico de Chile. Primera parte (30 estaciones in extenso) 1915. Santiago de Chile 1916. gr. 4^0. 2 Blatt, 403 S. Instituto Central Meteorologico y Geofisico de Chile. Publicaciones bajo la Direccion del Dr. Walter Knoche, No. 19.

Digitized by Google

Observaçoes meteorologicas, magneticas y sismicas feitas no Observatorio Meteorologico de Coimbra no anno de 1915. **51**. Coimbra 1916. 4°. IX, 165 S.

E. Lampe. Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Wiesbaden (Station 2. Ordnung des Kgl. Preuß. Beobachtungsnetzes) im Jahre 1915. Wiesbaden 1917. 8°. 52 S. S.-A. Jahrb. d. Nassauischen Ver. f. Naturkde. Jahrg. 69.

Jahresbericht des Berliner Zweigvereins der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft 1916. Met. ZS. **34**, 266—267, 1917.

C. Kaßner. Schriftführer, **O. Behre,** Schatzmeister. Jahresbericht für 1916 der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft. Met. ZS. **34**, 260—261, 1917.

Dr. **Easton.** De nawinter 1916—1917 en de statistik van . . . . . Hemel en Dampkring **14**, 169—171, 1917.

A. Wallén. Nederbördens och temperaturens inflytande på dalalfvens vårhögvatten och vinterlågvatten. Herausgeg. v. Hydrografiske Byrån, Stockholm. 4°. 31 S. Stockholm 1917. Cederquist.

R. De C. Ward. The meteorological fact in the great war. J. of G. Madison 1917. 8.

Die Witterung an der deutschen Küste im Juli 1917. Ann. d. Hydr. **45**, 358—360, 1917.

2 A_2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Th. Hesselberg und **B. J. Birkeland.** Über die Steigegeschwindigkeit der Pilotballone. Ann. d. Hydr. **45**, 313—325, 1917.

C. Gegauff. Sondenmessungen im aerodynamischen Feld. Basel 1916. 8°. 46 S.

2 A_3. Luftschiffahrt und Flugwesen.

E. Alt. Meteorologie für Flieger. 8°. 116 S., 16 Abbildungen im Text, 1 Karte u. 9 Wolkenbilder. Berlin, Eisenschmidt, 1917. 3,00 ℳ.

Dr. **Nagy.** Flugprobleme. Prometheus **28**, 813—814, 1917.

Fr. Gagelmann. Flieger und Wind. Deutsche Luftfahrer-ZS. **21**, 9/10, 22—23, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

Stefan Meyer und **Egon B. von Schweidler.** Radioaktivität. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1916. 8°. XI, 542 S. (Sammlung: Naturwissensch. u. Technik in Lehre und Forschung.) Preis 22,50 ℳ.

Paul L. Mercanton. L'influence du relief terrestre sur la teneur en ions de l'atmosphère. Genève 1916. 8°. S.-A. Arch. sc. phys. et nat. (4) **42**, 341—344.

2 C_1. Lufttemperatur.

A. Stentzel. Ein außerordentlicher Temperatursturz. Met. ZS. **34**, 268—269, 1917.

H. G. C Bijzondere temperaturtoestanden in den Dampkring tijdens de afgeloopen vorstperiode. Hemel en Dampkring **14**, 181—183, 1917.

2 C_2. Strahlung.

Digitized by Google

2 D. Luftdruck.

H. Mohn. Der Luftdruck zu Framheim und seine tägliche Periode. Roald Amundsens antarktische Expedition. Wissenschaftliche Ergebnisse. Kristiania 1916. 8°. 30 S. S.-A. Videnskaps Selsk. Skrifter I, Math.-nat. Kl., 1916, Nr. 3.

J. v. Hann. Der tägliche Gang des Luftdruckes zu Belgrad. Met. ZS. **34**, 263—264, 1917.

Wilhelm Schmidt. Die Luftdruckbeobachtungen zu Belgrad. Met. ZS. **34**, 262—263, 1917.

2 E. Winde und Stürme.

Föhnsturm im Salzkammergut am 13. Dezember 1916. Met. ZS. **34**, 267—268, 1917.

P. H. Gallé. Ursachen und Wirkungen der holländischen Sturmflut vom 13. bis 14. Januar 1916. Peterm. Mitt. **63**, 24—25, 1917.

2 F. Wasserdampf.

E. Zinner. Bildung einer Haufenwolke über einer Rauchwolke. Met. ZS. **34**, 264—265, 1917.

2 G. Niederschläge.

W. Köppen. Nebelbildung über Land und Meer. Met. ZS. **34**, 209—225, 1917.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Prof. Dr. **Reimann**, Hirschberg i. Schl. Abbildung einer Photographie durch den Blitz. Met. ZS. **34**, 261—262, 1917.

Max Toepler. Zur Kenntnis der Gesetze der Bildung von Leuchtmassen (Perlen) bei Perlschnurblitzen. Met. ZS. **34**, 225—239, 1917.

P. Guthnick. Übersicht über die Ergebnisse luftelektrischer Messungen 1914—1917. Astr. Nachr. **205**, 97—122, 1917.

E. von Schweidler und **K. W. F. Kohlrausch.** Atmosphärische Elektrizität. Leipzig 1915. 8°. S.-A. L. Graetz: Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus **3**, 193—276.

Egon von Schweidler. Beiträge zur Kenntnis der atmosphärischen Elektrizität Nr. 53. Zusammenfassender Bericht über die Beobachtungen an der luftelektrischen Station Seehaus in den Sommern 1908 bis 1915. I. Teil: Leitfähigkeit, Feldstärke und vertikaler Leitungsstrom. Wien 1916. 8°. 80 S. S.-A. Wien. Sitzber., Math.-nat. Kl., Abt. IIa, **125**, 997—1076.

2 I. Meteorologische Optik.

E. Barkow. Über seltene Haloerscheinungen. Berlin-Treptow 1917. 8°. S.-A. Das Weltall **17**, 3/4, 17—25. 2 Taf.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

2 M. Praktische Meteorologie.

Andreas Voß. Andreas Voß' Wettervorhersage für 1917. Zweite Auflage, mit Ausblick auf 1918. Berlin, Vossianthus-Verlag, 1917. 8°. 4 S. S.-A. Deutsche Obstbauzeitung 1917, Heft 7. Preis 0,60 ℳ.

Digitized by Google

Rudolf Schneider. Kaltenbrunners statistische Methode der Wetterprognose. Met. ZS. **34**, 239—246, 1917.

J. W. Jacob. Correlation of rainfall and the succeeding crops, with special reference to the Punjab. Simla. 1916. 4°. S.-A. Mem. of Indian. Met. Department. **21**, Part. 19, 131—146.

W. Köppen. Wind und Wetter in den europäischen Gewässern. Ein Ratgeber zur Beurteilung der Wetterlage. Herausgegeb. v. Reichs-Marineamt. 58 S. mit 15 Taf. n. 22 Textbildern. Berlin, Mittler & Sohn, 1917. Geh. 5 ℳ. *

H. U. Sverdrup. Zur Bedeutung der Isallobarenkarte. Ann. d. Hydr. **45**, 325—329, 1917.

W. Jordan. Barometrische Höhentafeln für Luftdrucke zwischen 630 und 750 mm. 3. Aufl. 125 S. Stuttgart, J. B. Metzler, 1917. *

2 N. Kosmische Meteorologie.

M. A. Veeder. Relation of solar and terrestrial meteorology. The G. R. Newyork III, 1917, 3/4.

K. Rudel. Der Mond und das Wetter. Nürnberg 1917. 4°. 3 S. S.-A. Der Sammler, Unterhaltungs- und Literaturbeilage der München-Augsburger Abendzeitung **86**, Nr. 44, 3—5, 1917.

2 O. Meteorologische Apparate.

H. Lorenz. Theorie der Röhrenfedernanemometer. Phys. ZS. **18**, 117—121, 1917.

W. Wilke. Über die Veränderlichkeit der Angaben des Robinsonschen Schalenkreuzes. ZS. f. Flugtechnik u. Motorluftschiff. Nr. 11/12, 1917.

2 P. Klimatologie.

W. Schmidt. Zum Einfluß großer Städte auf das Klima. Die Naturwissensch. Nr. 30, 1917.

Carl Staeubli. Allgemeine klimatische Einflüsse auf den Menschen. Zürich, Orell-Füßli (1917). 8°. 23 S.

Die Erforschung des Klimas des Osmanischen Reiches. ZS. d. Ges. f. Edkde. Berlin Nr. 1, 66—67, 1917.

H. Marquardsen. Der gegenwärtige Stand der klimatischen Erforschung Angolas. Mitt. a. d. Deutschen Schutzgeb. **30**, 330—338, 1 Karte, 1917.

Johannes Furlani. Das Lichtklima im österreichischen Küstenlande. Wien 1916. 4°. 1 Blatt, 36 S. S.-A. Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl., **93**, 693—728.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

Dr. E. Gogarten. Der Vulkan „Tolo" auf Halmahera (Molukken). Peterm. Mitt. **63**, 242—247, 1917.

Digitized by Google

3 F. Erdbeben.

Otto Meißner. Über die jährliche Periode der mikroseismischen Bewegung. Phys. ZS. **18**, 73—75, 1917.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

G. van Dijk. Noorderlicht op 15 Februari 1917. Hemel en Dampkring **14**, 167—169, 1917.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Professor Dr. **K. Fischer.** Der Abflußvorgang der Ostseehaffe und ihre Zuflüsse, besonders der Peene. Peterm. Mitt. **63**, 235—238, 1917.

A. Wallén. Vattenstands — förut sägelserna granskning af 1916 årsresultat och prognoser för år 1917. Herausgeg. v. Hydrografiske Byrån Stockholm. 8^0. 18 S. Stockholm 1917. Centraltryckeriet.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

W. Halbfaß. Die Anomalie der Wasseroberfläche. Die Naturwissensch. Nr. 30, 1917.

Walter Wundt. Die Abflußverhältnisse Württembergs in kartographischer Darstellung. Stuttgart 1916. 8^0. S.-A. Jahreshefte des Ver. f. vaterl. Naturkde. in Württemberg **12**, 1916. S. 272—296 u. Taf. I—IX. Ref.: Karl Fischer. Met. ZS. **34**, 269—270, 1917.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Gelber (roter) Schnee im März 1916. Met. ZS. **34**, 265—266, 1917.

Prof. Dr. **Anton Lampe,** Prag. Merkwürdige Schneegebilde. Met. ZS. **34**, 266, 1917.

Josef Schnetzer. Die Schneedecke im österreichischen Grenzgebiete gegen Italien. Wien 1916. 8^0. 19 S., 3 Tabellen. S.-A. Wien. Sitzber. Math.-nat. Kl., Abt. Va **125**, 975—994.

Prof. Dr. **H. Heß.** Das Absterben der Gletscher und die Eiszeit. Peterm. Mitt. **63**, 250—251, 1917.

E. Heycke. Gletscher und Geiser. Prometheus **29**, 19—21, 1917.

G. Reinicke. Die Eisverhältnisse an der deutschen Küste im Winter 1916/17. Im dienstlichen Auftrage bearbeitet von . . . Ann. d. Hydr. **45**, 341—346, 1917.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik · **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **15. November 1917.** **Nr. 21**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 21 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 16. bis 29. Oktober 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Sir **William Ramsay**, 1852—1916. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, Obit. Not. XLII—LIV, 1917.

W. H. Young. On the Mode of Approach to Zero of the Coefficients of a Fourier Series. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 455—467, 1917.

Aus dem Jahresbericht 1915 des Kgl. Materialprüfungsamtes in Berlin. ZS. f. Elektrochem. **23**, 309—311, 1917.

Wheeler P. Davey. Bio-Physics. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 573, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

Ralph S. Minor. An Optical Trough for High-School and College Demonstrations. Abstract of a paper presented at the Stanford University meeting of the Physical Society, April 7, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 577—578, 1917.

3. Maß und Messen.

L. G. Hoxton. A Measuring Engine for Reading Wave-lengths from Prismatic Spectrograms. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 90—91, 1917.

Dokulil. Neue Hilfsinstrumente für die Artillerie. ZS. f. Feinmech. **25**, 167—171, 1917.

Digitized by Google

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

E. B. Wilson. Generalized Coordinates, Relativity and Gravitation. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 89, 1917.

J. H. Jeans. Gravitational Instability and the Figure of the Earth. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 413—417, 1917.

Ganesh Prasad. On the Failure of Poisson's Equation for certain Volume Distributions. Phil. Mag. (6) **34**, 138—142, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Karl Federhofer. Über die Stabilität der flachen Kugelschale. (II. Mitteilung.) S.-A. Wien. Ber. **126** [2a], 265—295, 1917.

J. W. Nicholson. The Lateral Vibrations of Bars of Variable Section. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 506—519, 1917.

6. Hydromechanik.

Ottokar Tumlirz. Die Stromlinien und Niveauflächen einer tropfbaren Flüssigkeit beim zweidimensionalen Ausfluß aus einem Gefäß. S.-A. Wien. Ber. **126** [2a], 347—370, 1917.

T. H. Havelock. Some Cases of Wave Motion due to a Submerged Obstacle. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 520—532, 1917.

Lord **Rayleigh.** On the Pressure developed in a Liquid during the Collapse of a Spherical Cavity. Phil. Mag. (6) **34**, 94—98, 1917.

S. W. J. Smith and **H. Moss.** Experiments with Mercury Jets. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 373—393, 1917.

Adolf Schneider. Die versuchsmäßige Bestimmung der Ausflußzahlen von Ponceletöffnungen für Wasser und Kochsalzlösungen und Erörterung des inneren Zusammenhanges dieser Zahlen. (Schluß.) ZS. f. d. ges. Kälteind. **24**, 76—82, 1917.

7. Kapillarität.

Reinhold Fürth. Zwei Versuche zur Bestimmung der Oberflächenspannung und des Randwinkels von Quecksilber. S.-A. Wien. Ber. **126** [2a], 329—345, 1917.

8. Aeromechanik.

W. E. Dalby. A Graphical Method of Drawing Trajectories for High-Angle Fire. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 333—347, 1917.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

Anton Lampa. Über das Mitschwingen von Saiten. S.-A. Wien. Ber. **126** [2a], 389—408, 1917.

E. C. Wente. A condenser transmitter as a uniformly sensitive instrument for the absolute measurement of sound intensity. Phys. Rev. (2) **10**, 39—63, 1917.

H. D. Arnold and **J. B. Crandall.** The thermophone as a precision source of sound. Phys. Rev. (2) **10**, 22—38, 1917.

Digitized by Google

E. Schrödinger. Zur Akustik der Atmosphäre. Phys. ZS. **18**, 445—453, 1917.

2. Physiologische Akustik.

G. W. Stewart. Binaural beats. Phys. Rev. (2) **9**, 502—508, 1917.
G. W. Stewart. The secondary intensity maxima in binaural beats. Phys. Rev. (2) **9**, 509—513, 1917.
G. W. Stewart. The theory of binaural beats. Phys. Rev. (2) **9**, 514—528, 1917.
J. B. Crandall. The Composition of Speech. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 74—76, 1917.
Rudolf Pöch. Technik und Wert des Sammelns phonographischer Sprachproben auf Expeditionen. S.-A. Wien. Ber. **126** [3], 3—15, 1917.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

W. Herz. Zwei Regeln über den Zusammenhang einiger physikalischer Eigenschaften in homologen Reihen organischer Verbindungen. Chem.-Ztg. **41**, 183, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 738.
W. Herz. Physikalisches Verhalten und Molekeleigenschaften von Flüssigkeiten. ZS. f. Elektrochem. **23**, 301, 1917.
A. Piccard. L'hypothèse d' l'existence d'un troisième corps simple radioactif dans la pléiade uranium. Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 161—164, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

William Francis Magie. The relation of osmotic pressure to temperature. Phys. Rev. (2) **10**, 64—71, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

4. Photochemie.

5. Thermochemie.

R. Becker. Über die Fortleitung einer Detonation in flüssigen Sprengstoffen. ZS. f. Elektrochem. **23**, 304—308, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

W. Fraenkel. Über die Bildung großer Kristalle in Stangen und Drähten aus Zink. ZS. f. Elektrochem. **23**, 302—304, 1917.
Albert W. Hull. The Crystal Structure of Aluminium and Silicon. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 564—566, 1917.
C. M. Williams. X-Ray Analysis of the Crystal Structure of Rutile and Cassiterite. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 418—427, 1917.
Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. (Fortsetzung.) Phys. ZS. **18**, 461—466, 1917.

Digitized by Google

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

R. Malmström. Zur Theorie der Elektrodynamik. Phys. ZS. **18**, 454—456, 1917.

Albert C. Crehore. Some applications of the electromagnetic equations to matter, supposed to be constituted of positive and negative electrons. Phys. Rev. (2) **9**, 445—479, 1917.

David L. Webster. The theory of electromagnetic mass of the Parson magneton and other non-spherical systems. Phys. Rev. (2) **9**, 484—499, 1917.

David L. Webster. The Electromagnetic Mass of the Parson Magneton. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 559—560, 1917.

David L. Webster. Gyroscopic Effects in the Parson Magneton. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 561, 1917.

C. Davisson. The Electro-Magnetic Mass of the Parson Magneton. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 570—571, 1917.

Sir Oliver Lodge. Astronomical Consequences of the Electrical Theory of Matter. Phil. Mag. (6) **34**, 81—94, 1917.

George W. Walker. The Effective Inertia of Electrified Systems Moving with High Speed. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 448—455, 1917.

S. J. Barnett. The magnetization of iron, nickel, and cobalt by rotation and the nature of the magnetic molecule. Phys. Rev. (2) **10**, 7—21, 1917.

G. Helm. Die Ätherhypothese. Phys. ZS. **18**, 456—461, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

A. E. Hennings. The Significance of Certain New Phenomena Recently Observed in Preliminary Experiments on the Temperature Coefficient of Contact Potential. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 89, 1917.

3. Elektrostatik.

John Zeleny. On the Instability of Electrified Liquid Surfaces. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 572—573, 1917.

John Zeleny. Instability of electrified liquid surfaces. Phys. Rev. (2) **10**, 1—6, 1917.

4. Maße und Meßinstrumente.

J. A. Gilbreath. Note on the Use of the Electrometer for Measuring the Conductivity of Gases. Abstract of a paper presented at the Stanford University meeting of the Physical Society, April 7, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 578—579, 1917.

W. W. Coblentz. The Use of a Thomson Galvanometer with a Photoelectric Cell. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 97, 1917.

Digitized by Google

E. C. Wente. A condenser transmitter as a uniformly sensitive instrument for the absolute measurement of sound intensity. Phys. Rev. (2) **10**, 39—63, 1917.

5. Apparate.

E. R. Wolcott and C. J. Erickson. An air-blast rectifier of high tension alternating currents. Phys. Rev. (2) **9**, 480—483, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

J. A. Gilbreath. Note on the Use of the Electrometer for Measuring the Conductivity of Gases. Abstract of a paper presented at the Stanford University meeting of the Physical Society, April 7, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 578—579, 1917.

C. A. Skinner. Polarization at the Cathode in Oxygen. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 76—77, 1917.

John Zeleny. The Electrical Discharge from Points. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 562—563, 1917.

G. M. J. Mac Kay and C. V. Ferguson. Tungsten Electrode Loss in the Hydrogen Arc. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 573—574, 1917.

Harold D. Babcock and Charles E. St. John. Elimination of Pole Effect from Secondary Standards of Wave-Length. Abstract of a paper presented at the Stanford University meeting of the Physical Society, April 7, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 577, 1917.

Arthur S. King. Leading Features of the Electric Furnace Spectra of Calcium, Strontium, Barium, and Magnesium. Abstract of a paper presented at the Stanford University meeting of the Physical Society, April 7, 1917. [Phys. Rev. (2), **9**, 576—577, 1917.

J. M. Benade. Elastic Impact of Electrons with Helium Atoms. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 77—78, 1917.

K. T. Compton. Theory of Ionization by Partially Elastic Collisions. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 80—81, 1917.

John T. Tate. The Passage of Low Speed Electrons through Mercury Vapor and the Ionizing Potential of Mercury Vapor. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 81—83, 1917.

Fred M. Bishop. Ionization Potentials in Hygrogen, Nitrogen and Nitrous Oxide. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 567, 1917.

Digitized by Google

Fernando Sanford. A Note on the Relation between Ionizing Potentials and Atomic Charges. Abstract of a paper presented at the Stanford University meeting of the Physical Society, April 7, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 575, 1917.

J. C. Mc Lennan. On the Ionization Potentials of Vapors and Gases. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 84—87, 1917.

O. W. Richardson. Remarks on a paper by Mr. E. R. Stoekle entitled thermionic currents from molybdenum. Phys. Rev. (2) **9**, 500—501, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

Alois F. Kovarik. New Methods for Counting the Alpha and the Beta Particles. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 567—568, 1917.

A. Picard. L'hypothèse de l'existence d'un troisième corps simple radioactif dans la pléiade uranium. Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 161—164, 1917.

W. F. G. Swann. On the Origin of the Earth's Electric Charge. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 555—557, 1917.

Alex Müller. Tube à rayons X pour recherches de laboratoire. C. R. séances soc. de phys. Genève. Séance du 5 juillet 1917. [Arch. sc. phys. et nat. (4) **44**, 220, 1917.

H. M. Dadourian. On the Production of Soft X-rays by Slow Moving Electrons. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 563, 1917.

G. W. C. Kaye. The Composition of the X-Rays from Various Metals. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 427—442, 1917.

Wheeler P. Davey. The Effect of X-Rays on the Length of Life of Tribolium confusum. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 557—558, 1917.

F. C. Blake and **William Duane.** On the Measurement of „h" by Means of X-rays. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 568—369, 1917.

F. C. Blake and **William Duane.** The Measurement of „h" by Means of X-Rays. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 93—95, 1917.

A. H. Compton. The Reflection Coefficient of Monochromatic X-Rays from Rock Salt and Calcite. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 95—96, 1917.

H. S. Uhler. On Moseley's Law for X-Ray Spectra. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 562, 1917.

David L. Webster and **Harry Clark.** Intensities of X-Rays of the L Series as a Function of Voltage. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 571, 1917.

F. C. Blake and **William Duane.** The High Frequency Absorption Bands of Some of the Elements. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 98—100, 1917.

Digitized by Google

Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. (Fortsetzung.) Phys. ZS. **18**, 461—466, 1917.

C. M. Williams. X-Ray Analysis of the Crystal-Structure of Rutile and Cassiterite. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**. 418—427, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

A. Quartaroli. Über die Beziehung zwischen dem Paramagnetismus der Verbindungen und dem Verbindungstypus. Gazz. chim. ital. **46** [2], 219—234, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 728—729.

George W. Walker. On Magnetic Inertia. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 442—447, 1917.

Ernest Wilson and **J. W. Nicholson.** On Residual Magnetism in Relation to Magnetic Shielding. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 393—412, 1917.

S. J. Barnett. The magnetization of iron, nickel, and cobalt by rotation and the nature of the magnetic molecule. Phys. Rev. (2) **10**, 7—21, 1917.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

G. W. O. Howe. The High-Frequency Resistance of Multiply-Stranded Insulated Wire. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 468—492, 1917.

C. V. Raman and **Ashutosh.** The Maintenance of Vibrations by a Periodic Field of Force. Phil. Mag. (6) **34**, 129—137, 1917.

E. A. Biedermann. On the Energy in the Electromagnetic Field. Phil. Mag. (6) **34**, 142—146, 1917.

L. A. Bauer and **W. F. G. Swann.** Experiments Concerning „Magnet-Photography". Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 563—564, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

J. C. Hubbard. On the effect of distributed capacity in single layer solenoids. Phys. Rev. (2) **9**, 529—541, 1917.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

J. A. Anderson. A Study of the Stark Effect. Abstract of a paper presented at the Stanford University meeting of the Physical Society, April 7, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 575—576, 1917.

Frederick Bates and **F. P. Phelps.** Natural and Magnetic Rotation at High Temperatures. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 90, 1917.

William Wilson. The Complete Photoelectric Emission from the Alloy of Sodium and Potassium. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 359—372, 1917.

A. E. Hennings. The Energy of Emission of Photo-electrons from Film-coated and Non-homogeneous Surfaces: A Theoretical Study. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 78, 1917.

K. T. Compton and **L. W. Ross.** The Passage of Photo-electrons through Metals. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 558—559, 1917.

Digitized by Google

W. W. Coblentz. The Use of a Thomson Galvanometer with a Photoelectric Cell. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 97, 1917.

W. W. Coblentz. Application of the Photo-electric Cell as a Pyrheliometer. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 572, 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

Russell v. Bichowsky. The Necessary Physical Assumptions Underlying a Proof of Planck's Radiation Law. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 92, 1917.

F. C. Blake and **William Duane.** On the Measurement of „h" by Means of X-rays. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 568—569, 1917.

F. C. Blake and **William Duane.** The Measurement of „h" by Means of X-Rays. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 93—95, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

L. G. Hoxton. A Measuring Engine for Reading Wave-lengths from Prismatic Spectrograms. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 90—91, 1917.

Richard Kempf. Beleuchtungsspiegel an analytischen Wagen. Chem.-Ztg. **40**, 1085, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 719—720.

Pritschow. Die Linsenformel, ihre Ableitung und Anwendung. Gemeinverständlich dargestellt. (Fortsetzung.) ZS. f. Feinmech. **25**, 171—172, 1917.

Herbert E. Ives. Hue Difference and Flicker Photometer Speed. Phil. Mag. (6) **34**, 99—112, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

L. B. Tuckerman jr. and **A. Q. Tool.** Optical Constants by Reflection Measurements. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 87, 1917.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Frederick Bates and **F. P. Phelps.** Natural and Magnetic Rotation at High Temperatures. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 90, 1917.

Digitized by Google

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

Raymond J. Birge. A New Theory Concerning the Mathematical Structure of Band Series. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 88—89, 1917.

Josef Maria Eder. Das Bogenspektrum des Europiums und eines bisher unbekannten, zwischen dem Europium und Samarium liegenden Elementes, des Eurosamariums. S.-A. Wien. Ber. **126** [2a], 473—531, 1917.

Arthur S. King. Leading Features of the Electric Furnace Spectra of Calcium, Strontium, Barium, and Magnesium. Abstract of a paper presented at the Stanford University meeting of the Physical Society, April 7, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 576—577, 1917.

Charles F. Meyer. The Wave-lenght of Light from the Spark Which Excites Fluorescence in Nitrogen. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 91—92, 1917.

Harold D. Babcock and **Charles E. St. John.** Elimination of Pole Effect from Secondary Standards of Wave-Length. Abstract of a paper presented at the Stanford University meeting of the Physical Society, April 7, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 577, 1917.

E. O. Hulbert. Das Emissionsvermögen von Wolfram für kurze Wellenlängen. Journ. Franklin Inst. **182**, 695—696, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 787.

W. W. Coblentz. On the Occurrence of Harmonics in the Infra-Red Absorption Spectra of Gases. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 96—97, 1917.

A. H. Stang. The infra-red absorption spectrum of naphthalene and of some of its mono-derivatives in solution. Phys. Rev. (2) **9**, 542—553, 1917.

L. B. Tuckerman jr. and **A. Q. Tool.** Optical Constants by Reflection Measurements. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 87, 1917.

F. C. Blake and **William Duane.** The High Frequency Absorption Bands of Some of the Elements. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 98—100, 1917.

H. S. Uhler. On the Moseley's Law for X-Ray Spectra. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 562, 1917.

Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. (Fortsetzung.) Phys. ZS. **18**, 461—466, 1917.

Herbert E. Ives. Hue Difference and Flicker Photometer Speed. Phil. Mag. (6) **34**, 99—112, 1917.

W. W. Coblentz and **W. B. Emerson.** Determinations of Luminous Efficiency and the Mechanical Equivalent of Light. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 569—570, 1917.

W. W. Coblentz. Application of the Photo-electric Cell as a Pyrheliometer. Abstract of a paper presented at the New York meeting of the Physical Society, February 16—17, 1917. [Phys. Rev. (2) **9**, 572, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

Digitized by Google

8. Physiologische Optik.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

2. Kinetische Theorie der Materie.

W. P. Roop. The Kinetic Theory of Entropy. Abstract of a paper presented at the Stanford meeting of the American Physical Society. [Phys. Rev. (2) **10**, 83—84, 1917.

S. Chapman. On the Partial Separation by Thermal Diffusion of Gases of Equal Molecular Weight. Phil. Mag. (6) **34**, 146—151, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

Lloyd W. Schad. Thermal Expansion of Marble. Abstract of a paper presented at the Washington meeting of the Physical Society, April 20—21, 1917. [Phys. Rev. (2) **10**, 74, 1917.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

Edward G. Wheeler. Fadenkorrektur von Thermometern. Journ. Soc. Chem. Ind. **35**, 1198—1200, 1916. [Chem. Zentralbl. 1917, **1**, 719.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

Friedrich Emich. Über Siedepunktsbestimmung im Kapillarröhrchen. S.-A. Wien. Ber. **126** [2b], 81—85, 1917. S.-A. Monatsh. f. Chem. **38**, 219—223, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

7. Wärmeleitung.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

1 B. Planeten und Monde.

Stöhr, Leitmeritz (Nordböhmen). Mondfinsternis. Wetter **34**, 186—187, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

1 D. Die Sonne.

Schreiber, Dresden. Einiges über Temperatur und Strahlung der Sonne. Met. ZS. **34**, 326—327, 1917.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

Lehrer **C. Liese**, Schreufa b. Frankenberg (Hessen). Das Meteor vom 3. April 1916 ist gefunden. Wetter **34**, 184, 1917.

A. Stöhr, Leitmeritz (Böhmen). Das Meteor vom 29. Juni 1917. Wetter **34**, 185, 1917.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A_1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Hermann Haack. Physikalischer Wandatlas. Wetterkarten von Mitteleuropa, bearbeitet von Dr. R. Hennig. 18. Frühling, 19. Sommer, 20. Herbst, 21. Winter. Gotha, Justus Perthes, 1917. Je 4 Karten 36,5 × 46 cm auf einer Tafel 84 × 115 cm. (Preis je 4 ℳ.)

Bericht über die Tätigkeit des Königlich Preuß. Meteorologischen Instituts im Jahre 1916. Erstattet vom Direktor. Mit einem Anhang, enthaltend wissenschaftliche Mitteilungen, und einem Register zu den Jahrgängen 1907 bis 1916. Berlin 1917. 8^0. 40 (85 S.), 1 Tafel. (Veröffentl. d. Kgl. Preuß. Met. Inst. Nr. 292.) (Preis 4 ℳ.) *

W. Knoche und **J. Laub.** Meteorologische und luftelektrische Messungen während der totalen Sonnenfinsternis am 10. Oktober 1912 auf der Facenda Bõa Vista bei Christina (Prov. Minas-Geraes, Brasilien). Baltimore 1916. 8^0. S.-A. Terr. Magn. and Atm. Electr. **21**. Sept. and Dec. 1916, 117—144, 177—204.

Digitized by Google

O. Stoll. Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen für die Zeitabschnitte: 1891—1895, 1896—1900, 1901—1905, 1906—1910. Mittelwerte und Extreme der wichtigsten meteorologischen Elemente. Mittelwerte für den Zeitraum 1891—1910. Deutsches Met. Jahrb. f. 1910. Elsaß-Lothringen. Straßburg i. E. 1915.

Grosse, Bremen. Graphische Darstellungen in der Meteorologie. Met. ZS. **34**, 324—325, 1917.

Ph. Fauth. Atmosphärische Überraschungen. Astr. ZS. **11**, 86, 1917.

H. U. Sverdrup. Über die Korrelation zwischen Vektoren mit Anwendung auf meteorologische Aufgaben. Met. ZS. **34**, 285—291, 1917.

Dr. **Paul Schreiber.** Zwei im Königreich Sachsen während des Weltkrieges erbaute Wetterwarten. Met. ZS. **34**, 291—295, 1917.

Prof. Dr. **F. Klengel.** Die Wetterwarte zu Plauen i. V. Wetter **34**, 179—182, 1917.

Vincenz Pollack. Zur Verwitterung durch Rauchgase und Schlagregen. Eine Anregung von . . . Met. ZS. **34**, 298—306, 1917.

Lehrer **C. Veenema,** Norden. Die Hörweite des Gewitterdonners. Wetter **34**, 187—192, 1917.

V. H. Ryd. On computation of meteorological observations. (Publikat. fra det Danske Met. Inst. ved C. Ryder, Direktor. Meddelelser No. 3.) Kjobenhavn 1917. 8^0. 4. Blatt, 104 S.

Jahrbuch des Norwegischen Meteorologischen Instituts für 1916. Herausgegeben von dem Norwegischen Meteorologischen Institut. Kristiania 1917. 4^0. XII, 167 S.

Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1917. Elsaß-Lothringen. Herausgegeben von dem Direktor der Meteorologischen Landesanstalt von Elsaß-Lothringen, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Hugo Hergesell. Straßburg i. E. 1914. 4^0. VIII, 53 S.

Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1908. Elsaß-Lothringen. Herausgegeben von der Direktion der Meteorologischen Landesanstalt von Elsaß-Lothringen. Straßburg i. E. 1916. 4^0. VIII, 58 S.

Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1909. Elsaß-Lothringen. Herausgegeben von der Direktion der Meteorologischen Landesanstalt von Elsaß-Lothringen. Straßburg i. E. 1916. 4^0. VIII, 58 S.

Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1910. Elsaß-Lothringen. Herausgegeben von der Direktion der Meteorologischen Landesanstalt von Elsaß-Lothringen. Straßburg i. E. 1915. 4^0. VIII, 59 S.

J. Hegyfoky, Turkeve (Ungarn). Phänologische Karte des Frühlingseinzuges auf den Britischen Inseln. Met. ZS. **34**, 323—324, 1917.

Prof. **G. von Elsner.** Übersicht über die Witterung in Zentraleuropa im Juni 1917. Wetter **34**, 174—175, 1917.

2 A 2: Erforschung der oberen Luftschichten.

Albert Wigand. Die Halleschen wissenschaftlichen Freiballonfahrten. Leipzig 1917. 8^0. 8 S., S. 1. Beitr. z. Phys. d. freien Atmo. **7**, Heft 4.

J. von Hann. Einige Ergebnisse von Ballonaufstiegen in Südkalifornien im Juli und August 1913. Met. ZS. **34**, 325—326, 1917.

Dr. **Franz Ahlgrimm,** Lindenberg. Die Erscheinungen der höheren Luftschichten über Lindenberg im Juli 1917. Wetter **34**, 175—176, 1917.

A. Kopfmüller, Friedrichshafen. Die aerologischen Arbeiten der Drachenstation am Bodensee im Juli 1917. Wetter **34**, 177, 1917.

Digitized by Google

Die Temperatur der oberen Luftschichten im Juli 1917. Kgl. Preuß. Aeronautisches Observatorium Lindenberg. Karten-Beilage zu Wetter **34**, Heft 8/9, 1917.

2 A_3. Luftschiffahrt und Flugwesen.

Berndt. S. G. Starling, Das Gleichgewicht des magnetischen Kompasses im Flugzeug. ZS. f. Instrkde. **37**, 6. Heft, 138—140, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

Stefan Meyer und Egon Ritter von Schweidler. Radioaktivität. Leipzig und Berlin. B. G. Teubner, 1916. 8^0. IX, 541 S. (Sammlung: Naturwissenschaft und Technik, herausgeg. von K. P. Fischer. Preis 22,50 ℳ. Ref.: R. Süring. Met. ZS. **34**, 334—335, 1917.

2 C_1. Lufttemperatur.

A. Stentzel. Die große Wärmeperiode des Mai und Juni 1917. Astr. ZS. **11**, 98—99, 1917.

A. Stentzel. Der große Temperatursturz des 5. und 6. Mai 1917. Astr. ZS. **11**, 85—86, 1917.

Albert Defant. Die nächtliche Abkühlung der unteren Luftschichten und der Erdoberfläche in Abhängigkeit vom Wasserdampfgehalt der Atmosphäre. (Der Einfluß der Strahlung der Atmosphäre auf den nächtlichen Temperaturgang von Boden und Luft.) Wien 1916. 8^0. 87 S. S.-A. Sitzber. Wien. math.-nat. Kl., Abt. IIa, **125**, 1587—1623.

Stöhr, Leitmeritz (Böhmen). Temperaturumkehr. Wetter **34**, 187, 1917.

2 C_2. Strahlung.

A. Boutaric. Sur le rayonnement nocturne. Paris 1916. 4^0. S.-A. C. R. **163**, 671—674.

2 D. Luftdruck.

J. von Hann. H. Mohn. „Der Luftdruck zu Framheim und seine tägliche Periode." Met. ZS. **34**, 328—330, 1917.

J. Lixnar. Die neuen barometrischen Höhenformeln von E. Alt. Met. ZS. **34**, 306—308, 1917.

2 E. Winde und Stürme.

Dr. R. Spitaler, Prag. Die tägliche Periode der starken und schwachen Winde. Met. ZS. **34**, 327—328, 1917.

J. von Hann. Die Gleichungen des täglichen Ganges der Windstärke in fünf verschiedenen Höhen am Telefunkenturm in Nauen. Met. ZS. **34**, 322—323, 1917.

G. Hellmann. Über die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre. Met. ZS. **34**, 273—285, 1917.

H. U. Sverdrup. Der nordatlantische Passat. Leipzig 1917. 8^0. 96 S., 19 Tafeln. Veröffentl. d. Geophys. Inst. d. Univ. Leipzig. Herausgegeben von dessen Direktor V. Bjerknes. (2.) Spezialarb. aus dem Geophys. Inst. **2**, Heft 1.

Digitized by Google

2 F. Wasserdampf.

H. Hergesell, Observatorium Lindenberg-Beeskow. Waldbrand und Wolkenbildung. Wetter **34**, 178—179, 1917.

Naegler. Entstehung einer Haufenwolke durch Waldbrand. Wetter **34**, 179, 1917.

Jährliche Zahl der Nebelstunden in den Vereinigten Staaten. Met. ZS. **34**, 331, 1917.

Helffrich. Wolkentrichter. Met. ZS. **34**, 330, 1917.

2 G. Niederschläge.

Dr. **W. R. Eckardt,** Meteorologisches Observatorium in Essen. Über Zyklonenzug und Regenfall in Vorderasien. Wetter **34**, 157—168, 1917.

Regenfall im Kongobecken. Met. ZS. **34**, 308—312, 1917.

Joseph Haeuser. Der Wolkenbruch in Nürnberg und Umgebung am 3. Juli 1919 und die gleichzeitigen Gewittererscheinungen in anderen Gegenden Bayerns. Unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Wasserwirtschaft bearbeitet. München 1917. 4^0. 33 S., 3 Tafeln. (Abhandl. d. Kgl. Bayr. Hydrotechn. Bureaus.)

Nedbøriagttagelser i Norge utgit av det Norske Meteorologiske Institut. Aargang XXI, 1916. Kristiania 1917. Fol. XI, 45 S., 2 Karten. (Preis 3 Kr.)

Niederschlagsbeobachtungen an den meteorologischen Stationen im Großherzogtum Hessen für das Jahr 1914. **14.** Bearbeitet im Großherzogl. Hydrograph. Bur. Darmstadt 1917 (1915). 4^0. 51 S.

Niederschlagsmengen in Zentraleuropa in Millimetern. Juni 1917. Karten-Beilage zu Wetter **34**, Heft 8/9, 1917.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Häberle. Gewitter am 15. Mai über Ettlenschieß bei Ulm. Wetter **34**, 186, 1917.

E. H. Norinder. Observations de l'électricité atmosphérique à Vassijaure ($\varphi = 68^0\ 15'$ N, $\lambda = 18^0\ 11'$ E. de Greenwich.) Stockholm 1916. 4^0. 60 S., 6 Tafeln. S.-A. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar **54**.

2 I. Meteorologische Optik.

Albert Hofmann, Mehlem. Beiträge zur atmosphärischen Polarisation. Wetter **34**, 168—174, 1917. Fortsetzung.

Albert Wigand. Beobachtungen der neutralen Polarisationspunkte aus größerer Höhe. Leipzig 1917. 4^0. 4 S. S.-A. Phys. ZS. **18**, 237—240.

Chr. Jensen und **H. Menze.** Beobachtungen der neutralen Punkte der Atmosphäre in Hamburg und in Nowawes von 1912 bis 1914. Berlin 1916. 8^0. S.-A. Mitt. d. Vereinig. Freund. d. Astr. u. kosm. Phys. **26** (1916), Heft 8, 71—88.

P. Gruner. Schematische Darstellung des Verlaufes der Dämmerungsfarben. Bern 1916. 8^0. 49 S. S.-A. Mitt. Naturf. Ges. Bern a. d. Jahre 1915.

A. Stentzel. Dämmerungserscheinungen. Astr. ZS. **11**, 87, 1917.

Der helle Nachthimmel von Ende Dezember 1916. Astr. Nachr. **204**, 45, 1917.

Fr. Nölke. Zur Theorie der Luftspiegelungen. Phys. ZS. **18**, 134—144, 1917.

Alfred Wegener. Die Nebensonnen unter dem Horizont. Met. ZS. **34**, 295—298, 1917.

Digitized by Google

J. von Hann. A. H. Palmer: Halos und ihre Beziehung zum Wetter. Met. ZS. **34**, 320—322, 1917.

Theodor von Frimmel. Malerische Naturbeobachtungen. Wien 1917. 8°. (Studien und Skizzen zur Gemäldekunde, herausgegeb. von Dr. Theodor von Frimmel. **8.** Lieferg. 3 u. 4, S. 38—45.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

H. Lorenz. Die Abhängigkeit des Luft- und Wasserwiderstandes von der Geschwindigkeit. Phys. ZS. **18**, 209—214, 1917.

2 M. Praktische Meteorologie.

A. Stentzel. Sonne, Wetter und Ernteaussicht. Astr. ZS. **11**, 88, 1917.

2 N. Kosmische Meteorologie.

J. Maurer. Ringerscheinungen und Sonnenfleckentätigkeit. Astr. Nachr. **204**, 45, 1917.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

Zum Gebirgsklima von Westjava. Der Pangerango, der Sonnblick von Java. Met. ZS. **34**, 312—318, 1917.

Viktor Conrad. Beiträge zu einer Klimatographie von Serbien. Wien 1916. 8°. 41 S. S.-A. Sitzber. Wien. Math.-nat. Kl., Abt. IIa, **125**, 1377—1417.

Johannes Furlani. Das Lichtklima im österreichischen Küstenlande. Wien 1916. 4°. 1 Bl., 36 S. S.-A. Denkschr. d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-nat. Kl., Bd. 93. Ref.: L. Weber. Met. ZS. **34**, 333—334, 1917.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

Prof. **Max Sassenfeld**, Emmerich. Erdbodentemperatur in Württemberg. Wetter **34**, 182—184, 1917.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

3 F. Erdbeben.

Digitized by Google

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Ad. Schmidt. Normalwerte der erdmagnetischen Elemente in Potsdam für das Jahr 1916. Met. ZS. **34**, 382, 1917.

Magnetisk Aarbog. Annuaire magnétique 1915. (Publikationer fra det Danske Meteorologiske Institut ved C. Ryder, Direktor, Aarboger.) Kjobenhavn 1917. 4^0. 11 S., 22 Tafeln.

L. Vegard et **O. Krognes.** Résultats d'observations d'aurores boréales exécutées à l'Observatoire de Hadde. Paris 1916. 4^0. S.-A. C. R. **163**, 443—446.

M. Ebell und **M. Wolff.** Nordlicht (15. Februar 1917). Astr. Nachr. **204**, 45—47, 1917.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

Joseph Krauß. Grundzüge der maritimen Meteorologie und Ozeanographie. Mit besonderer Berücksichtigung der Praxis und der Anforderungen in Navigationsschulen. Berlin, Julius Springer, 1917. 8^0 XII, 221 S. (Preis geb. 5 ℳ.)

Nautisk Meteorologisk Aarbog. (Nautical Meteorological Annual) 1916. Kjøbenhavn 1917. 4^0. LXVIII, 153 S., 20 Tafeln. (Publikationer fra det Danske Meteorologiske Institut ved C. Ryder, Direktor, Aarboger.)

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

J. von Hann. Schwankungen der temporären Schneegrenze am Arlberge in den Jahren 1855 bis 1879. Met. ZS. **34**, 330—331, 1917.

J. von Hann. Die Eisverhältnisse in den arktischen Meeren. Met. ZS. **34**, 318—220, 1917.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **30. November 1917.** **Nr. 22.**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 22 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 12. November 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

W. Gellenkeuser und **W. Meyer.** Theoretisch-praktisches Handbuch für physikalische und chemische Schülerübungen in der Volks- und Mittelschule. Trier 1917. (Preis 5 ℳ.) *

E. Lecher. Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen. 2. Aufl. VIII u. 435 S. Leipzig 1917. (Preis 8,80 ℳ.) *

F. W. Küster. Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker. 17. Aufl. Leipzig 1917. (Preis 3,20 ℳ.) *

Augusto Occhialini. Commemorazione di Angelo Battelli. Cim. (6) **13**, 9—64, 1917.

Stato di servizio pel professore Angelo Battelli nato a Macerata Feltria il 28 marzo 1862 morto a Pisa l' 11 dicembre 1916. Cim. (6) **13**, 6—8, 1917.

W. Schweydar. Friedrich Robert Helmert. Die Naturwissenschaften **5**, 646—648, 1917.

Dr. **Johannes Lehmann** †. D. Opt. Wochenschr. 1917, 407.

Max Déri. Aus der Geschichte des Drehstroms. Elektrotechn. ZS. **38**, 499—500, 1917.

M. Dolivo-Dobrowolski. Erwiderung. Elektrotechn. ZS. **38**, 500, 1917.

M. von Rohr. Die ersten Entwicklungsstufen der Glasbrillen und Glaskneifer. D. Opt. Wochenschr. 1917, 403—406.

Karl Scheel. Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1916. Die Naturwissenschaften **5**, 681—684, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

Fritz Emde. Elektrizitätslehre und Schulbücher. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 358—365, 1917.

Digitized by Google

3. Maß und Messen.

P. Labitzke. Die instrumentellen Hilfsmittel zur Beseitigung der persönlichen Fehler bei astronomischen Durchgangsbeobachtungen. (Schluß.) D. Opt. Wochenschr. 1917, 396—398.

Jules Violle. Rapport de la Commission des Poids et Mesures. Ann. de phys. (9) **8**, 5—11, 1917.

A. Perot. Commission chargée de préparer la réforme de la législation des Poids et Mesures. Rapport général. Ann. de phys. (9) **8**, 12—51, 1917.

P. A. Thomas. Die Einrichtungen der Kaiserlichen Normal-Eichungskommission für Längenbestimmungen höherer Genauigkeit an Meßbändern und -drähten. Mit Erörterung der bei den Spanneinrichtungen in Frage kommenden Fehlerquellen. Abh. Kaiserl. Normal-Eichungskomm. **9**, 21—50, 1917.

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

C. Burali-Forti. I moti relativi nel calcolo assoluto. Lincei Rend. (5) **26** [1], 632—637, 1917.

H. A. Lorentz. On Einstein's Theory of gravitation. III. Proc. Amsterdam **20**, 2—19; IV, ebenda 20—34, 1917.

Th. de Donder. Sur les équations différentielles du champ gravifique. Proc. Amsterdam **20**, 97—100, 1917.

H. Seeliger. Bemerkung zu P. Gerbers Aufsatz: „Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gravitation." Ann. d. Phys. (4) **53**, 31—32, 1917.

G. Leinekugel le Cocq. Tous les systèmes de ponts suspendus hyperstatiques connus sont les dérivés des ponts suspendus isostatiques et ces derniers ne sont que les cas particuliers d'un seul et unique système qui les comprend tous. C. R. **165**, 57—59, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

E. Almansi. L'ordinaria teoria dell' Elasticità e la teoria delle deformazioni finite. Lincei Rend. (5) **26** [2], 3—8, 1917.

Gustavo Colonnetti. Su certi stati di coazione elastica che non dipendono da azioni esterne. Lincei Rend. (5) **26** [2], 43—47, 1917.

Anton Lampa. Über erzwungene räumliche Schwingungen von Saiten. Wien. Anz. 1917, 242.

R. Schachenmeier. Über ein stabiles Kristallgitter. Ann. d. Phys. (4) **53**, 79—96, 1917.

R. Zölly. Über ein Knickungsproblem an der Kugelschale. 86 S. Zürich 1916.

L. Bolle. Festigkeitsberechnung von Kugelschalen. 84 S. Zürich 1916.

H. Le Chatelier et **B. Bogitch.** Sur les propriétés réfractaires de la silice. C. R. **165**, 218—224, 1917.

6. Hydromechanik.

J. Boussinesq. Équilibre-limite (par détente), contre un mur vertical qui commerce à se renverser, d'une masse sablonneuse dont la surface supérieure plane a une déclivité atteignant presque celle de terre coulante. C. R. **165**, 5—11, 1917.

G. De Marchi. Teorie e realtà di alcuni fenomeni idraulici e in particolare dei movimenti turbolenti. (Part II.) Cim. (6) **13**, 108—141, 1917.

V. M. Hegly. Sur l'écoulement en déversoir par nappe libre avec contraction latérale. C. R. **165**, 105—107, 1917.

Digitized by Google

E. Straube. Radialströmung zwischen zwei Platten (Clement-Thenardsches Phänomen). 26 S. Karlsruhe 1916.

7. Kapillarität.

Leo Grunmach und Willy Bein. Bestimmung der Oberflächenspannung von Ölen mit dem Kapillar-Plattenapparat. Abh. Kaiserl. Normal-Eichungskomm. **9**, 1—17, 1917.

8. Aeromechanik.

Victor Vâlcovici. Sur la position du point d'arrêt dans le mouvement de rotation uniforme. C. R. **165**, 147—149, 1917.

Rudolf Böger. Das Schwenken der Flugbahn. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 355—358, 1917.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

G. Bigourdan. Sur la propagation à grande distance de l'onde de bouche du canon. C. R. **165**, 170—171, 1917.

P. Cermak. Über die Töne von Pfeifen mit Querschnittänderungen. Ann. d. Phys. (4) **53**, 49—75, 1917.

Gabriel Sizes. Sur la gamme des Allemands dite „harmonique" ou „exacte" ou improprement „moderne", au point de vue de l'acoustique musicale. C. R. **165**, 264—267, 1917.

Gabriel Sizes. Modifications pratiques à la „loi de résonance des corps sonores" et rectification à la Note sur les gongs chinois. C. R. **165**, 405—408, 1917.

2. Physiologische Akustik.

A. Stefanini. Quante vibrazioni occorrono per riconoscere un suono? Cim. (6) **13**, 65—107, 1917.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Max Trautz. Praktische Einführung in die allgemeine Chemie. Anleitung zum physikalisch-chemischen Praktikum und zu selbständigen Arbeiten. Mit 187 Abb. XII u. 375 S. Leipzig, Veit u. Co., 1917. (Preis 12 ℳ, geb. 14,50 ℳ.)

D. Balarew. Über die Formulierung des Gesetzes der multiplen Proportionen. Journ. f. prakt. Chem. (N. F.) **95**, 397—398, 1917.

Edouard Urbain. Sur une méthode de détermination des poids moléculaires. C. R. **165**, 65—67, 1917.

A. Hantzsch. Über die Konstitution der Carbonsäuren sowie über die optischen und chemischen Vorgänge bei der Bildung von Estern, Salzen und Ionen. Chem. Ber. **50**, 1422—1457, 1917.

A. Hantzsch. Über den Einfluß von Lösungsmitteln auf die Lichtabsorption gelöster Stoffe. Chem. Ber. **50**, 1413—1421, 1917.

Konr. Schaefer und Fr. Hein. Optische Untersuchungen über die Konstitution von Wismutverbindungen. ZS. f. anorg. Chem. **100**, 249—303, 1917.

Digitized by Google

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

A. Hantzsch. Über den Einfluß von Lösungsmitteln auf die Lichtabsorption gelöster Stoffe. Chem. Ber. **50**, 1413—1421, 1917.
A. Colani. Étude du système eau, oxalate d'uranyle, oxalate de sodium. C. R. **165**, 111—113, 1917.
A. Colani. Étude du système eau, oxalate d'uranyle, oxalate d'ammonium C. R. **165**, 234—236, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

4. Photochemie.

Lüppo-Cramer. Kolloidchemie und Photographie. Kolloid-ZS. **20**, 274—276, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 355.

5. Thermochemie.

M. Trautz. Die Theorie der Gasreaktionen und der Molarwärme und die Abweichungen von der Additivität der inneren Atomenergie. Sitzungsber. Heidelb. Akad. 1917, 44 S.
R. Wegscheider. Zur Kinetik der Reaktionen mit Elektrolyten im homogenen System. Wien. Anz. 1917, 244—246.
Ed. Chauvenet. Sur le sulfate acide de zirconyle. C. R. **165**, 25—28, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

P. Debye. Die Atomanordnung von Wolfram. Phys. ZS. **18**, 483—488, 1917
Henry Le Chatelier. La trempe de l'acier. C. R. **165**, 172—174, 1917.
Henry Le Chatelier et **E. L. Dupuy.** Sur l'hétérogénéité des aciers. C. R. **165**, 349—352, 1917.
P. Chevenard. Mécanisme de la trempe des aciers au carbone. C. R. **165**, 59—62, 1917.
P. Dejean. Sur la formation de la troostite et de la martensite. C. R. **165**, 182—185, 1917.
A. Portevin. Sur les aciers au manganèse. C. R. **165**, 62—65, 1917.
P. Dejean. Sur la classification des aciers au nickel et des aciers au manganèse. C. R. **165**, 334—337, 1917.
Portevin. Sur la carburation du fer par les cyanures et cyanates alcalins. C. R. **165**, 180—182, 1917.
J. Beckenkamp. Über die Struktur der kristallisierten Formen des Siliciumdioxyds SiO_2, des Eisenbisulfids FeS_2, des Zinksulfids ZnS und des Calciumcarbonats. Zentralbl. f. Min. 1917, 353—365.
A. Grühn und **A. Johnsen.** Künstliche Schiebung im Rutil. Zentralbl. f. Min. 1917, 366—374.
R. Schachenmeier. Über ein stabiles Kristallgitter. Ann. d. Phys. (4) **53**, 79—96, 1917.
Schröter. Der fadenförmige Kristall und seine Anwendung auf die Glühlampe. Elektrot. und Maschinenb. **42**, 501—505, 1917.
C. Kelber. Die Herstellung kolloider, unedler Metalle durch Reduktion der Lösungen oder Suspensionen der Metallverbindungen bei erhöhter Temperatur in Gegenwart von Schutzkörpern. Über kolloides Nickel. Chem. Ber. **50**, 1509—1512, 1917.
Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. (Schluß.) Phys. ZS. **18**, 488—494, 1917.

Digitized by Google

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

Fritz Emde. Elektrizitätslehre und Schulbücher. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 358—365, 1917.

L. Vegard. Magnetische Momente im Atombau. Ann. d. Phys. (4) **53**, 27—30, 1917.

Gerda Laski. Größenbestimmung submikroskopischer Partikel aus optischen und mechanischen Effekten. Ann. d. Phys. (4) **53**, 1—26, 1917.

Irene Parankiewicz. Der kritische Weg zur Feststellung der Existenz einer Atomistik der Elektrizität (erörtert an Ölkügelchen). Wien. Anz. 1917, 207—209.

Orazio Lazzarino. Sull' estendibilità del teorema di reciprocità del prof. V. Volterra ad un conduttore elettrico a tre dimensioni, non omogeneo, anisotropo e sottoposto all'azione di un campo magnetico qualunque. Lincei Rend. (5) **26** [1], 596—602, 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)
(Vgl. auch III, 3.)

3. Elektrostatik.

4. Maße und Meßinstrumente.

5. Apparate.

St. Procopiu. Appareil d'induction pour la recherche des projectiles. C. R. **165**, 109—110, 1917.

Fr. Kade. Der Parallelbetrieb von Transformatoren. Elektrotechn. ZS. **38**, 493—494, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

Carl Benedicks. L'effet thermoélectrique par étranglement. C. R. **165**, 391—394, 1917.

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Walter Estorff. Beiträge zur Kenntnis der Kugelfunkenstrecke. 85 S. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ingenieurw., Heft 199.) (Preis 1 ℳ.)

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

M. Wolfke. Über eine neue Sekundärstrahlung der Kanalstrahlen. Phys. ZS. **18**, 479—483, 1917.

Digitized by Google

A. Becker. Über eine mathematische Darstellung der Geschwindigkeitsververluste der Kathodenstrahlen in Materie. Sitzungsber. Heidelb. Akad. 1917, 27 S.
K. W. F. Kohlrausch. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 102. Die Absorption der γ-Strahlen von Radium. (III. Teil.) Wien. Anz. 1917, 222—223.
Rudolf Schmid. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 103. Bestimmung der Halbierungszeit von Thorium- und Actiniumemanation. Wien. Anz. 1917, 223.
Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. (Schluß.) Phys. ZS. **18**, 488—494, 1917.
Manne Siegbahn. Sur les spectres de haute fréquence. C. R. **165**, 59, 1917.
P. Debye. Die Atomanordnung von Wolfram. Phys. ZS. **18**, 483—488, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

L. Vegard. Magnetische Momente im Atombau. Ann. d. Phys. (4) **58**, 27—30, 1917.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

Umberto Crudeli. Sulla distribuzione della corrente elettrica in una lantina metallica immersa in un campo magnetico. Lincei Rend. (5) **26** [2], 47—48, 1917.
Max Déri. Aus der Geschichte des Drehstromes. Elektrot. ZS. **38**, 499—500, 1917.
M. Dolivo-Dobrowolski. Erwiderung. Elektrot. ZS. **38**, 500, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

L. Vegard. Magnetische Momente im Atombau. Ann. d. Phys. (4) **58**, 27—30, 1917.
G. Gouy. Des effets des chocs moléculaires sur les spectres des gaz. C. R. **165**, 17—21, 1917.
Paul S. Epstein. Zur Theorie der Beugung an metallischen Schirmen. Ann. d. Phys. (4) **58**, 33—42, 1917.
R. Schachenmeier. Zur Theorie der Beugung an metallischen Schirmen. Erwiderung auf die gleichnamige Veröffentlichung von P. Epstein. Ann. d. Phys. (4) **58**, 43—46, 1917.
G. Gouy. Sur les interférences à grande différence de marche. C. R. **165**, 88—92, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

Pritschow. Die Linsenformel, ihre Ableitung und Anwendung. Gemeinverständlich dargestellt. (Fortsetzung.) ZS. f. Feinmech. **25**, 171—172, 178—179, 1917.
M. von Rohr. Die ersten Entwicklungsstufen der Glasbrillen und Glaskneifer. D. Opt. Wochenschr. 1917, 403—406.

Digitized by Google

A. Blondel et **Ch. Lavanchy.** Détermination et étude des caractéristiques d'éclairement des projecteurs. Ann. d. phys. (9) **7**, 249—299, 1917.

A. Blondel et **Ch. Lavanchy.** Répartition de l'éclairement produit à grande distance par les appareils optiques de Fresnel. Ann. de phys. (9) **8**, 51—96, 1917.

N. A. Halbertsma. Der Reflektor. (Schluß.) Elektrot. ZS. **38**, 494—496, 1917.

E. A. Wülfing. Ein neues Apertometer. Sitzungsber. Heidelb. Akad. 1917. 13 S.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

Keferstein. Die Abbesche Theorie des Strahlenganges. (Schluß.) D. Opt. Wochenschr. 1917, 398—399.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

Paul S. Epstein. Zur Theorie der Beugung an metallischen Schirmen. Ann. d. Phys. (4) **9**, 33—42, 1917.

R. Schachenmeier. Zur Theorie der Beugung an metallischen Schirmen. Erwiderung auf die gleichnamige Veröffentlichung von P. Epstein. Ann. d. Phys. (4) **53**, 43—46, 1917.

G. Gouy. Sur les interférences à grande différence de marche. C. R. **165**, 88—92, 1917.

Gerda Laski. Größenbestimmung submikroskopischer Partikel aus optischen und mechanischen Effekten. Ann. d. Phys. (4) **53**, 1—26, 1917.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

Alfred Wenzel. Über die zur Erkennung schwacher Doppelbrechung dienenden empfindlichen Farben. Phys. ZS. **18**, 472—479, 1917.

Alfred Wenzel. Untersuchung der Beziehung zwischen der Dispersion der Doppelbrechung und den Interferenzfarben an Apophylliten im polarisierten Licht. Neues Jahrb. f. Min. **41**, Beil. Bd., 565—627, 1917.

H. Ambronn. Über das Zusammenwirken von Stäbchendoppelbrechung und Eigendoppelbrechung. Kolloid-ZS. **20**, 173—185, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 356.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

G. Guy. Des effets des chocs moléculaires sur les spectres des gaz. C. R. **165**, 17—21, 1917.

Pina de Rubies. Nouvelles raies du chrome dans le spectre de l'arc. Ann. Soc. Esp. Ph. Ch. **15**, 110—121, 1917. [Bull. soc. chim. (4) **22**, 507, 1917.

Josef Maria Eder. Das Bogenspektrum des Europiums und eines bisher unbekannten, zwischen dem Europium und Samarium liegenden Elementes, des Eurosamariums. S.-A. Wien. Ber. **126** [2a], 473—531, 1917.

A. Hantzsch. Über den Einfluß von Lösungsmitteln auf die Lichtabsorption gelöster Stoffe. Chem. Ber. **50**, 1413—1421, 1917.

Paul Hári. Beiträge zur Lichtabsorption des Oxyhämoglobins. Biochem. ZS. **82**, 229—281, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 384—385.

Konr. Schaefer und **Fr. Hein.** Optische Untersuchungen über die Konstitution von Wismutverbindungen. ZS. f. anorg. Chem. **100**, 249—303, 1917.

A. Hantzsch. Über die Konstitution der Carbonsäuren sowie über die optischen und chemischen Vorgänge bei der Bildung von Estern, Salzen und Ionen. Chem. Ber. **50**, 1422—1457, 1917.

Digitized by Google

Ernst Wagner. Über Röntgenspektroskopie. (Schluß.) Phys. ZS. **18**, 488—494, 1917.

Manne Siegbahn. Sur les spectres de haute fréquence. C. R. **165**, 59, 1917.

Luigi Puccianti. In risposta alla dott. Marya Kahanowicz. Sulla costante della legge di Stefan-Boltzmann. Lincei Rend. (5) **26** [2], 12—14, 1917.

Marya Kahanowicz. Una nuova determinazione della costante della legge di Stefan-Boltzmann. Cim. (6) **13**, 142—167, 1917.

J. Baillaud. Étude de l'étalon lumineux Fouché, à acétylène. Ann. d. phys. (9) **7**, 300—387, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

J. B. Tauleigne et **G. Mazo.** Sur la méthode de stéréoscopie monoculaire particulièrement applicable à la radiographie. C. R. **165**, 395—397, 1917.

Otto Grotrian. Notizen zum Studium der Augenbewegungen. Phys. ZS. **18**, 469—472, 1917.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Max Planck. Vorlesungen über Thermodynamik. 5. Aufl. IX, 290 S. Leipzig, Veit u. Co., 1917. (Preis 10 ℳ.)

W. Schüle. Technische Thermodynamik. 3. Aufl. der „Technischen Wärmemechanik". I. Band. Die für den Maschinenbau wichtigsten Lehren nebst technischen Anwendungen. Mit 244 Abb. u. 7 Tafeln. XII u. 553 S. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Preis geb. 16 ℳ.)

Max B. Weinstein. Das Nernstsche Theorem und die Wärmeausdehnung fester Stoffe. (Zweite Mitteilung.) Ann. d. Phys. (4) **53**, 47—48, 1917.

Paul S. Epstein. Bemerkung über das Nernstsche Wärmetheorem. Ann. d. Phys. (4) **53**, 76—78, 1917.

E. Ariès. Sur le signe de la chaleur spécifique de la vapeur saturée, au voisinage de l'état critique. C. R. **165**, 51—54, 1917.

2. Kinetische Theorie der Materie.

Adolf Smekal. Über die Gleichverteilungssätze in statistischen Gesamtheiten. Wien. Anz. 1917, 240—241.

Gerda Laski. Größenbestimmung submikroskopischer Partikel aus optischen und mechanischen Effekten. Ann. d. Phys. (4) **53**, 1—26, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

A. Müller. Messungen der thermischen Ausdehnung von kristallisiertem Quarz und von Gold zwischen 18 und 540°. 20 S. Zürich 1916.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

Digitized by Google

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

E. Ariès. Sur le signe de la chaleur spécifique de la vapeur saturée, au voisinage de l'état critique. C. R. **165**, 51—54, 1917.

Paul S. Epstein. Bemerkung über das Nernstsche Wärmetheorem. Ann. d. Phys. (4) **53**, 76—78, 1917.

Max B. Weinstein. Das Nernstsche Theorem und die Wärmeausdehnung fester Stoffe. Ann. d. Phys. (4) **53**, 47—48, 1917.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

O. Knoblauch und **A. Winkhaus.** Die spezifische Wärme C_p des überhitzten Wasserdampfes für Drücke von 8 bis 20 Atm. und von Sättigungstemperatur bis 380°. 33 S. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Forschungsarb. a. d. Geb. des Ingenieurw., Heft 195.) (Preis 1 ℳ.)

7. Wärmeleitung.

Fritz Krauss. Die Grundgesetze der Wärmeleitung und ihre Anwendung auf plattenförmige Körper. VI u. 100 S. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Preis 2,80 ℳ.)

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

The Solar Physics Observatory. Nature **99**, 354, 1917.

Prof. **A. Fowler** and Hon. **R. J. Strutt.** Absorption bands of atmospheric ozone in the spectra of sun and stars. Roy. Soc., June 21, London. Ref.: Nature **99**, 379, 1917.

J. H. Jeans, Prof. **A. S. Eddington.** The Radiation of the Stars. Nature **99**, 365, 1917.

Prof. **A. S. E. Eddington.** The radiation of the stars. Nature **99**, 308—310, 1917.

Effective Temperatures of Stars. Nature **99**, 315, 1917.

A. S. Eddington. Further notes on the radiactive equilibrium of the stars. Roy. Astr. Soc. London, June 8. Ref.: Nature **99**, 339, 1917.

J. H. Jeans. The configuration of Astronomical Masses and the Figure of the Earth. Nature **99**, 317—318, 1917.

1 B. Planeten und Monde.

Prof. **A. W. Warrington.** Jupiter's Satelittes and the Velocity of Light. Nature **99**, 345, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

T. E. R. Phillips. Micrometrical measures of double stars. Roy. Astr. Soc. London, June 8. Ref.: Nature **99**, 339, 1917.

The Eclipsing Variable SS Camelopardalis. Nature **99**, 332, 1917.

H. Shapley. Studies of magnitudes in star clusters. National Acad. of Sc. Washington, April 15, Proc. **3**, No. 4. Ref.: Nature **99**, 379, 1917.

Hind's Variable Nebulae. Nature **99**, 332, 1917.

The Spectra of Nebulae. Nature **99**, 354, 1917.

Rotation in Planetary Nebulae. Nature **99**, 376, 1917.

1 D. Die Sonne.

Solar Prominenses in Relation to Sunspots. Nature **99**, 332, 1917.

Sir **Joseph Larmor** and **N. Yamaga.** On Permanent Periodicity in Sunspots. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 493—506, 1917.

Mrs. **E. W. Maunder.** Sun-spots in high southern latitudes. Roy. Astr. Soc. June 8, London. Ref.: Nature **99**, 339, 1917.

1 E. Kometen.

The Spectrum of Comet 1917a (Mellish). Nature **99**, 315, 1917.

1 F. Meteore und Meteoriten.

Alfred Wegener. Das detonierende Meteor vom 3. April 1916, $3^1/_2$ Uhr nachmittags in Kurhessen. Schr. d. Ges. z. Beförd. d. ges. Naturw. zu Marburg. **14**, No. 1. Marburg a. L. 1917.

Digitized by Google

Friedrich Berwerth. Können die Tektite als Kunstprodukte gedeutet werden? (Eine Bejahung.) S.-A. a. d. Centralbl. f. Mineral., Geol. u. Paläontol. Nr. 11/12, 240—254, 1917. Stuttgart 1916.

Dr. **G. T. Prior.** The meteorites of Simondium, Eagte Station, and Amana. Mineralog. Soc., June 19, London. Ref.: Nature **99**, 379, 1917.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Dr. **C. Chree.** Prof. Kr. Birkeland. Nature **99**, 349, 1917.

Sir **Napier Shaw.** Revolving fluid in the atmosphere. Roy. Soc. London, June 21. Ref.: Nature **99**, 378, 1917.

Viktor Engelhardt. Über Kondensationsvorgänge in der Atmosphäre. S.-A. „Naturw. Umschau" Nr. 5/6. Beilage der Chem.-Ztg. Nr. 76, 1917.

C. E. P. Brooks. The reduction of temperature observations to mean of twenty-four hours, and the elucidation of the diurnal variation in the continent of Africa. Roy. Met. Soc., June 20. Ref.: Nature **99**, 359, 1917.

Jahrbücher der k. k. Zentral-Anstalt für Meteorologie und Geodynamik. Offizielle Publikation. Jahrgang 1912 und 1913. Neue Folge. **49** u. **50**, Wien 1915 u. Wien 1917.

Monatliche Mitteilungen der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Hohe Warte. Juni, Juli, August, September 1917. Wien. Anz., S. 252—256, 260—264, 268—272, 278—282, 1917.

Raoul Gautier. Résumé météorologique de l'année 1916 pour Genève et le Grand Saint-Bernard (suite et fin). Arch. sc. phys. et nat. **44**, 190—211, 1917.

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant les mois de septembre, octobre et novembre 1916, de décembre 1916, janvier et février 1917. Arch. sc. phys. et nat. **43**, 245—252; **44**, 211—218, 1917.

Observations météorologiques faites à l'Observatoire de Genève pendant le mois de Février, Juin et Aout 1917. Arch. sc. phys. et nat. **43**, 273—277; **44**, 81—85, 229—233, 1917.

Observations Météorologiques faites au Grand Saint-Bernard pendant le mois de Février, Juin et Aout 1917. Arch. sc. phys. et nat. **43**, 277—280; **44**, 85—88, 233—236, 1917.

Observations météorologiques Suédoises publiées par l'Institut Central de Météorologie. Vol. **57** (2). Vol. **43**. 1915.

Magnetische und Meteorologische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1916. 77. Jahrgang.

Nils Ekholm. Månadsöversikt av Väderleken i Sverige till lantbrukets tjänst utgiven under Meteorologiska Centralanstaltens inseende. Argang **37**. Juli, Augusti. No. 7 u. 8, 1917.

2 A2. Erforschung der oberen Luftschichten.

Lancers de Ballons-Pilotes a Abiskoen 1913—1915. Appendice 2 aux observations météorologiques Suédoises publiées par l'Institut Central de Météorologie. Vol. **57** (2); **43**, 1915.

Digitized by Google

2 A3. Luftschiffahrt und Flugwesen.

W. van Bemmelen and **J. Boerema.** The semi-diurnal horizontal oscillations of the free atmosphere up to 10 km above see level deduced from pilot balloon observations at Batavia. Proc. Amsterdam **20**, 119—135, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

2 C1. Lufttemperatur.

Viktor Engelhardt. Die Ursachen der abnormen Kälte im Januar und Februar 1917. S.-A. „Naturw. Umschau" No. 1/2. Beilage der Chem.-Ztg. No. 25, 1917.

R. C. Mossmann. Some aspects of the cold period, December 1916, to April 1917. Roy. Met. Soc., June 20. Ref.: Nature **99**, 359, 1917.

2 C2. Strahlung.

2 D. Luftdruck.

2 E. Winde und Stürme.

2 F. Wasserdampf.

2 G. Niederschläge.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Frequence des jours d'orage en Suède 1730—1915. Appendice 1 aux observations météorologiques Suèdoises publiées par l'Institut Central de Météorologie. Vol. **57** (2); **48**, 1915.

2 I. Meteorologische Optik.

Walter W. Bryant. Arcs of Halos. Nature **99**, 345, 1917.

S. W. Visser. On the diffraction of light in the formation of halos. Proc. Amsterdam **99**, 1174—1196, 1917.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

Harold Jeffreys. On Periodic Convection Currents in the Atmosphere. Phil. Mag. (6) **34**, 112—128, 1917.

2 M. Praktische Meteorologie.

L. C. Martin. Protection from Glare. Nature **99**, 365, 1917.

Digitized by Google

2 N. Kosmische Meteorologie.

Stanislaus Hanzlik in Prag. Über die Beziehung der gleichzeitigen Luftdruckschwankungen zur Sonnentätigkeit. Wien. Sitzber., math.-nat, Kl., Abt. IIa, **126**, 8. Heft. Wien 1917.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

Richard Schumann in Wien. Über die Lotabweichung am Hermannskogel, dem Fundamentalpunkte der Österreichischen Triangulation. Wien. Sitzber., math.-nat. Kl., Abt. IIa, **126**, 5. Heft. Wien 1917.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

Albert Brun. Contribution à la connaissance de l'exhalaison volcanique. Arch. sc. phys. et nat. **44**, 1—5, 1917.

3 F. Erdbeben.

Wilhelm Schmidt. Vorrichtung zum mechanischen Auswerten von Bebenkurven. Wien. Sitzber., math.-nat. Kl., Abt. IIa, **126**, 2. Heft. Wien 1917.

Vorläufiger Bericht über Erdbebenmeldungen in Österreich im Juni, Juli, August, September 1917. Wien. Anz., S. 257, 265, 273, 283, 1917.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

C. Dieterici. Zur Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus. Ein Lokalvariometer. Phys. ZS. **18**, 402—404, 1917.

L. A. Bauer and others. Researches of the Department of Terrestrial Magnetism. Part III. Oceanic Magnetic Observations. 1905—1916, and Reports on Special Researches. Pp. VII + 447. (Washington: Carnegie Institution.)

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

Digitized by Google

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

R. O. Street. The Dissipation of Energy in the Tides in Connection with the Acceleration of the Moon's Mean Motion. Proc. Roy. Soc. London (A) **93**, 348—359, 1917.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

A. Quaas. Zur Frage der Venn-Vergletscherung. Neues Jahrb. f. Mineral., Geol. u. Paläontol. **41.** Beilage-Band, 503—564, 1917.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. — 15. Dezember 1917. — Nr. 23

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 23 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 15. bis 29. November 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

M. Le Blanc. Eine Erinnerung an Hermann Kopp aus Anlaß seines hundertsten Geburtstages. ZS. f. Elektrochem. **23**, 325, 1917.

C. Schoy. Der Ursprung einiger wissenschaftlicher Ausdrücke. Mitt. z. Gesch. d. Med. u. d. Naturw. Nr. 71/72, 1917. [ZS. f. phys. Unterr. **30**, 262, 1917.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

J. V. Dubsky. Elektrische Verbrennungsöfen für die Mikroelementaranalyse. Chem. Ber. **50**, 1713—1717, 1917.

A. Nippoldt. Der Erdmagnetismus im Unterricht. Geogr. Anz. **18**, Heft 5, 1917. [ZS. f. phys. Unterr. **30**, 263—264, 1917.

3. Maß und Messen.

Walter Block. Über Sphärometer. Zentralztg. f. Opt. u. Mech. **38**, 302—304, 1917.

Walter Block. Die Mohr-Westphalsche Wage zur Dichtebestimmung von Flüssigkeiten. S.-A. Chemikerztg. 1917, Nr. 95/96, S. 641, 4 S.

C. A. Crommelin and Miss **E. I. Smid.** Comparison of a pressure-balance of Schäffer and Budenberg with the open standard-gauge of the Leiden Physical Laboratory between 20 and 100 atmospheres, as a contribution to the theory of the pressure-balance. Onnes Comm. Leiden No. 146, 23—35, 1915.

Digitized by Google

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

C. Cailler. Sur quelques formules de la théorie de la relativité. Arch. sc. phys. et nat. (4) 44, 237—255, 1917.

S. Oppenheim. Zur Frage nach der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gravitation. Ann. d. Phys. (4) 53, 163—168, 1917.

O. Birck. Die Einsteinsche Gravitationstheorie und die Sonnenfinsternis im Mai 1919. Die Naturwissenschaften 5, 689—696, 1917.

K. Żorawski. Über Differentialinvarianten der Deformationen und kontinuierlichen Bewegungen von Medien. Krak. Anz. (A) 1914, 107—161.

K. Żorawski. Über Bewegungen kontinuierlicher Medien mit vorgelegten invarianten Kurvenscharen. Krak. Anz. (A) 1914, 220—240.

K. Żorawski. Über gewisse Kategorien von Differentialinvarianten der Flächenisomerie. Krak. Anz. (A) 1915, 77—92.

K. Żorawski. Über gewisse Relationen, welche Deformationen und kontinuierliche Bewegungen von Medien betreffen. Krak. Anz. (A) 1915, 122—163.

K. Żorawski. Über Differentialinvarianten gewisser Systeme gewöhnlicher Differentialgleichungen gegenüber Punkttransformationen. Krak. Anz. (A) 1915, 241—274.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

A. Föppl. Über den elastischen Verdrehungswinkel eines Stabes. Münchener Ber. 1917, 5—31.

6. Hydromechanik.

S. Zaremba. Sur la formation brusque des jets de liquide. Krak. Anz. (A) 1914, 49—91.

K. Żorawski. Über gewisse Eigenschaften der Wirbel. Krak. Anz. (A) 1915, 188—206.

K. Żorawski. Über Einteilung der Bewegungen kontinuierlicher Medien in gewisse Kategorien. Krak. Anz. (A) 1917, 1—36.

J. E. Verschaffelt. The viscosity of liquefied gases. I. The rotational oscillations of a sphere in a viscous liquid. Onnes Comm. Leiden No. 148, 17—39, 1915.

J. E. Verschaffelt. The viscosity of liquefied gases. II. On the similarity of the oscillations of spheres in viscous liquids. Onnes Comm. Leiden No. 148, 43—51, 1915.

J. E. Verschaffelt. The viscosity of liquefied gases. III. The aperiodic rotational motion of a sphere in a viscous liquid. Onnes Comm. Leiden No. 148, 55—62, 1915.

J. E. Verschaffelt and Ch. Nicaise. The viscosity of liquefied gases. IV. Apparatus and method. V. Preliminary measurements on liquid mixtures of oxygen and nitrogen. Onnes Comm. Leiden No. 149, 15—33, 1916.

7. Kapillarität.

J. P. Kuenen. On the measurement of the capillary pressure in soap-bubble. Onnes Comm. Leiden No. 145, 3—7, 1914.

Digitized by Google

H. Kamerlingh Onnes and **H. A. Kuypers.** Measurement on the capillarity of liquid hydrogen. Onnes Comm. Leiden No, 142, 37—42, 1914.

8. Aeromechanik.

J. P. Kuenen. The diffusion coefficient of gases and the viscosity of gas-mixtures. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 38 to No. 145—156, 8 S., 1915.

Karl Wolf. Über den Einfluß der Geschoßbewegung auf die Brenngeschwindigkeit eines Zünders. S.-A. Mitt. ü. Gegenst. d. Art. u. Geniew. 1917, 19 S.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

Fr. Nölke. Über die bei heftigen Explosionen und beim Geschützdonner beobachteten Anomalien der Schallausbreitung. Phys. ZS. **18**, 501—504, 1917.

2. Physiologische Akustik.

Stumpf. Über die Synthese von Vokalen und Instrumentalklängen. Berl. Ber. 1917, 575.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Jan Zawidzki. Studien zur chemischen Dynamik autokatalytischer Prozesse: I. Kinetische Theorie der Autokatalyse und ihre experimentelle Prüfung. Krak. Anz. (A) 1915, 275—318.

Jan Zawidzki. Studien zur chemischen Dynamik autokatalytischer Prozesse: II. Geschwindigkeit der Isomerisation des Phosphorigsäuretriäthylesters. Krak. Anz. (A) 1915, 319—386.

Jan Zawidzki und **Januss Zaykowski.** Studien zur chemischen Dynamik autokatalytischer Prozesse: III. Über die Verseifungsgeschwindigkeit des methylschwefelsauren Kaliums. Krak. Anz. (A) 1916, 75—158.

Jan Zawidzki. Studien zur chemischen Dynamik autokatalytischer Prozesse: IV. Systematik und Kinetik autokatalytischer Reaktionen. Krak. Anz. (A) 1916, 339—466.

Hugo Kauffmann. Über den Sättigungszustand von Chromophoren. Chem. Ber. **50**, 1623—1625, 1917.

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

Casimir Kling. Über die Löslichkeit von Chlormethyl in einigen flüssigen Chlorkohlenwasserstoffen. Krak. Anz. (A) 1915, 1—7.

Wawrzyniec Jacek. Studien über die Löslichkeit einiger fester Körper bei tiefen Temperaturen. Krak. Anz. (A) 1915, 26—43.

Adolf Joscht. Über die Löslichkeit des Anthrachinons in den Gemengen einiger organischer Flüssigkeiten. Krak. Anz. (A) 1914, 353—357.

Digitized by Google

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

J. Dunin-Borkowski. Eine neue Methode zur Bestimmung der galvanischen Polarisation. Krak. Anz. (A) 1914, 369—374.

J. Dunin-Borkowski. Die Bestimmung der Leitfähigkeit von Elektrolyten mit dem Saitengalvanometer. Krak. Anz. (A) 1914, 375—379.

A. Johnsen. Kohäsion, Leitvermögen und Kristallstruktur. Münchener Ber. 1917, 75—82.

Jean Billiter. Notiz über das Siemens-Billiter-Verfahren. ZS. f. Elektrochem. **23**, 325—327, 1917.

Jean Billiter. Die historische Entwickelung der Pulverdiaphragmen und der Billiterzelle. ZS. f. Elektrochem. **23**, 327—336, 1917.

J. Stock. Beiträge zur Kenntnis der elektrischen Endosmose. Krak. Anz. (A) 1914, 95—106.

4. Photochemie.

Jaroslav Vránek. Über die photochemische Zersetzung des Kaliumkobalti-oxalats. ZS. f. Elektrochem. **23**, 336—351, 1917.

M. Wagner. Die Absorption des Lichtes im grünen Pflanzenblatt. Krak. Anz. (A) 1914, 241—280.

L. Bruner und **J. Kozak.** Photokinetik der Bromaddition. I. Teil. Über den negativen Einfluß des Sauerstoffs auf den Verlauf der Bromaddition an Acetylendichlorid unter der Wirkung des Lichtes. Krak. Anz. (A) 1914, 211—235.

5. Thermochemie.

K. Dziewoński und **Z. Leyko.** Über die thermochemische Umwandlung des Acenaphthylens und Synthese einiger höchstmolekularer Kohlenwasserstoffe. Krak. Anz. (A) 1914, 281—295.

Z. Klemensiewicz. Sur une théorie cinétique des réactions chimiques se produisant au sein des milieux gazeux. Krak. Anz. (A) 1914, 312—318.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

A. Johnsen. Kohäsion, Leitvermögen und Kristallstruktur. Münchener Ber. 1917, 75—82.

C. Runge. Die Bestimmung eines Kristallsystems durch Röntgenstrahlen. Phys. ZS. **18**, 509—515, 1917.

J. Beckenkamp. Über die Struktur der kristallisierten Formen des Siliciumdioxyds SiO_2, des Eisenbisulfids FeS_2, des Zinksulfids ZnS und des Calciumcarbonats. (Schluß.) Zentralbl. f. Min. 1917, 393—407.

St. Kreutz. Schwefel und Baryt von Swoszowice. Krak. Anz. (A) 1916, 60—74.

F. Schröter. Der fadenförmige Kristall und seine Anwendung auf die Glühlampe. Elektrot. ZS. **38**, 516—517, 1917.

Digitized by Google

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

A. Korn. Mechanische Theorien des elektromagnetischen Feldes. III. Phys. ZS. **18**, 504—507, 1917.

Ludwig Flamm. Die charakteristischen Maßzahlen für das Elektron in Verknüpfung mit den Strahlungskonstanten. Phys. ZS. **18**, 515—521, 1917.

Ladislas Natanson. Secondary radiation from simple rotators. Krak. Anz. (Bull. intern. de Cracovie) (A) 1916, 525—541.

H. Kamerlingh Onnes. Further experiments with liquid helium. J. The imitation of an Ampère molecular current or of a permanent magnet by means of a supra-conductor. Onnes Comm. Leiden No. 140, 9—18, 21—32, 1914.

H. Kamerlingh Onnes. Further experiments with liquid helium. L. The persistence of currents without electromotive force in supra-conducting circuits. (Continuation of J.) Onnes Comm. Leiden No. 141, 15—21, 1914.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 3.)

J. Stock. Beiträge zur Kenntnis der elektrischen Endosmose. Krak. Anz. (A) 1914, 95—106.

3. Elektrostatik.

Adolf Bolliger. Probleme der Potentialtheorie. (Fortsetzung.) Arch. f. Elektrot. **6**, 134—160, 1917.

G. Borelius und **A. E. Lindh.** Widerstand, Peltierwärme und elektrische Nachwirkung außerhalb und in einem Magnetfelde, besonders in kristallinischem Wismut. Ann. d. Phys. (4) **53**, 97—137, 1917.

4. Maße und Meßinstrumente.

J. Dunin-Borkowski. Eine neue Methode zur Bestimmung der galvanischen Polarisation. Krak. Anz. (A) 1914, 369—374.

J. Dunin-Borkowski. Die Bestimmung der Leitfähigkeit von Elektrolyten mit dem Saitengalvanometer. Krak. Anz. (A) 1914, 375—379.

Max Weiset. Über die Prüfung von Hochspannungskabeln mit Gleichstrom. 82 S. Diss. Techn. Hochsch. Berlin 1917.

Ernst Lübcke. Über Messungen an Wechselstromkurven von der Frequenz elektrischer Wellen. Nachtrag zu: Über Aufnahme von Wechselstromkurven unter Benutzung der ionisierenden Wirkung von Kathodenstrahlen. Arch. f. Elektrot. **6**, 161—164, 1917.

5. Apparate.

M. Korndörfer. Über die Berechnung von Drosselspulen. Elektrot. ZS. **38**, 521—523, 1917.

Ragnar Holm. Über die Berechnung von Übertragern für Telephonzwecke. Arch. f. Elektrot. **6**, 113—133, 1917.

R. Lindemann und **E. Hupka.** Die Liebenröhre. Theorie ihrer Wirkungsweise. Untersuchungen über Stromverzerrung und Trägheit der Entladung. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 218—241, 1917.

Digitized by Google

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

H. Kamerlingh Onnes and **G. Holst.** Further experiments with liquid helium. M. Preliminary determination of the specific heat and of the thermal conductivity at temperatures, obtainable with liquid helium, besides some measurements of thermoelectric forces and resistances for the purpose of these investigations. Onnes Comm. Leiden No. 142, 25—33, 1914.

G. Borelius und **A. E. Lindh.** Widerstand, Peltierwärme und elektrische Nachwirkung außerhalb und in einem Magnetfelde, besonders in kristallinischem Wismut. Ann. d. Phys, (4) **53**, 97—137, 1917.

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 3.)

Bengt Beckman. Über den Einfluß von Druck auf die elektrische Leitfähigkeit der reinen Metalle nach einer Theorie von E. Grüneisen. II. Phys. ZS. **18**, 507—509, 1917.

H. Kamerlingh Onnes and **G. Holst.** On the electrical resistance of pure metals etc. IX. The resistance of mercury, tin, cadmium, constantin and manganin down to temperatures, obtainable with liquid hydrogen and with liquid helium at its boiling point. Onnes Comm. Leiden No. 142, 3—9, 1914.

H. Kamerlingh Onnes and **G. Holst.** Further experiments with liquid helium. M. Preliminary determination of the specific heat and of the thermal conductivity at temperatures, obtainable with liquid helium, besides some measurements of thermoelectric forces and resistances for the purpose of these investigations. Onnes Comm. Leiden No. 142, 25—33, 1914.

G. Borelius und **A. E. Lindh.** Widerstand, Peltierwärme und elektrische Nachwirkung außerhalb und in einem Magnetfelde, besonders in kristallinischem Wismut. Ann. d. Phys. (4) **53**, 97—137, 1917.

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

R. Lindemann und **E. Hupka.** Die Liebenröhre. Theorie ihrer Wirkungsweise. Untersuchungen über Stromverzerrung und Trägheit der Entladung. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 218—241, 1917.

H. Piwnikiewicz. Experimentelles zur Lumineszenz und Ionisation des Quecksilberdampfes Krak. Anz. (A) 1914, 319—334.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

Stanislaw Loria. Über die Verflüchtigung aktiver Niederschläge. Krak. Anz. (A) 1916, 549—556.

C. Runge. Die Bestimmung eines Kristallsystems durch Röntgenstrahlen. Phys. ZS. **18**, 509—515, 1917.

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

Digitized by Google

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

Adolf Schmidt. Über Schwingungen in einem unregelmäßig veränderlichen Kraftfelde. Berl. Ber. 1917, 579.

G. Borelius und **A. E. Lindh.** Widerstand, Peltierwärme und elektrische Nachwirkung außerhalb und in einem Magnetfelde, besonders in krisallinischem Wismut. Ann. d. Phys. (4) **53**, 97—137, 1917.

Bengt Beckman. On the Hall effect and the change of the electric resistance in a transverse magnetic field at low temperatures, down to the melting point of hydrogen. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 40 to Nos. 145—156, 66 S., 1915.

H. Kamerlingh Onnes and **K. Hof.** Further experiments with liquid helium. N. Hall-effect and the change of resistance in a magnetic field. X. Measurements on cadmium graphite, gold, silver, bismuth, lead, tin and nickel, at hydrogen — and helium — temperatures. Onnes Comm. Leiden No. 142, 13—21, 1914.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

Edwin H. Armstrong. Einige neuere Verbesserungen am Audionempfänger. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 241—277, 1917.

J. Bethenod. Über die Verwendung des Audions als Generator mit Selbsterregung. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 278—284, 1917.

L. W. Austin. Quantitative Versuche mit dem Audion. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 284—288, 1917.

L. W. Austin. Die Messung radiotelegraphischer Signale mit dem schwingenden Audion. Jahrb. d. drahtl. Telegr. **12**, 296—304, 1917.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

C. Bergholm. Elektrische Doppelbrechung in binären Flüssigkeitsgemischen. Ann. d. Phys. (4) **53**, 169—176, 1917.

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

Ludwig Flamm. Die charakteristischen Maßzahlen für das Elektron in ihrer Verknüpfung mit den Strahlungskonstanten. Phys. ZS. **18**, 515—520, 1917.

A. Sommerfeld. Zur Quantentheorie der Spektrallinien, Ergänzungen und Erweiterungen. Münchener Ber. 1916, 131—182.

A. Sommerfeld. Zur Quantentheorie der Spektrallinien. Intensitätsfragen. Münchener Ber. 1917, 83—109.

Jan Kroo. Zur Theorie der Intensitätsverteilung innerhalb der Absorptionslinien. Krak. Anz. (A) 1916, 507—524.

Ladislas Natanson. Secondary radiation from simple rotators. S.-A. Krak. Anz. (Bull. intern. de Cracovie) (A) 1916, 525—541.

P. Ehrenfest and **H. Kamerlingh Onnes.** Simplified deduction of the formula from the theory of combinations which Planck uses as the basis of his radiation-theory. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 37 to Nos. 133—144, 6 S., 1914.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

Digitized by Google

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

Heinrich Liebmann. Der allgemeine Malussche Satz und der Brunssche Abbildungssatz. Münchener Ber. 1916, 183—200.

St. Kreutz. Sur la réfringence du pyrochlore et de la béckélite. Krak. Anz. (A) 1915, 236—240.

St. Loria und **J. Patkowski.** Untersuchungen über die Dispersion des Lichtes in Gasen. III. Ammoniak. Krak. Anz. (A) 1913, 494—508.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

A. Sommerfeld. Zur Quantentheorie der Spektrallinien, Ergänzungen und Erweiterungen. Münchener Ber. 1916, 131—182.

A. Sommerfeld. Zur Quantentheorie der Spektrallinien. Intensitätsfragen. Münchener Ber. 1917, 83—109.

Jan Kroo. Zur Theorie der Intensitätsverteilung innerhalb der Absorptionslinien. Krak. Anz. (A) 1916, 507—524.

F. Kehrmann und **Maurice Sandoz.** Über die Spektren der einfachen Azoxin-Farbstoffe. (Über Chinonimid-Farbstoffe. VII.) Chem. Ber. **50**, 1667—1673, 1917.

F. Kehrmann und **Maurice Sandoz.** Über Chinonimid-Farbstoffe. VIII. Neue ergänzende Beobachtungen über die Absorptions-Spektren der einfachsten Azthionium-Verbindungen. Chem. Ber. **50**, 1673—1682, 1917.

F. Kehrmann und **Maurice Sandoz.** Absorptions-Spektra der einsäurigen Salze von Phenyl-Derivativen des 3,6-Diaminophenazoxoniums. Über Chinonimid-Farbstoffe. IX. Chem. Ber. **50**, 1682—1683, 1917.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

Hugo Kauffmann. Über die Fluorescenz von Cyanverbindungen. Chem. Ber. **50**, 1614—1623, 1917.

8. Physiologische Optik.

Stumpf. Die Attribute der Gesichtsempfindungen. Berl. Ber. 1917, 569—570.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

Nernst. Die unmittelbare Anwendung des neuen Wärmesatzes auf Gase, die durch die neueren Anschauungen der sogenannten „Entartung" ermöglicht ist. Berl. Ber. 1917, 569.

Digitized by Google

2. Kinetische Theorie der Materie.

M. Smoluchowski. Über gewisse Mängel in der Begründung des Entropiesatzes sowie der Boltzmannschen Grundgleichung in der kinetischen Gastheorie. Krak. Anz. (A) 1915, 164—178.

Hermann Rothe. Über eine einfache Berechnung und geometrische Deutung der gastheoretischen Funktionaldeterminante. Ann. d. Phys. (4) **53**, 151—162, 1917.

J. P. Kuenen. The diffusion-coefficient of gases and the viscosity of gas-mixtures. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 38 to Nos. 145—156, 8 S., 1915.

Antoni Galecki. Viskosität von Goldhydrosolen. Krak. Anz. (A) 1916, 557—566.

M. Dadlez und **A. Galecki.** Koagulationsstudien am Goldhydrosol, II. Krak. Anz. (A) 1916, 297—318.

3. Thermische Ausdehnung.

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

H. Kamerlingh Onnes and **G. Holst.** On the measurement of very low temperatures. XXIV. The hydrogen and helium thermometers of constant volume, down to the freezing-point of hydrogen, compared with each other, and with the platinum-resistance thermometer. Onnes Comm. Leiden No. 141, 3—11, 1914.

H. Kamerlingh Onnes and **Sophus Weber.** Further experiments with liquid helium. O. On the measurement of very low temperatures. XXV. The determination of the temperatures which are obtained with liquid helium, especially in connection with measurements of the vapour-pressure of helium. Onnes Comm. Leiden No. 147, 17—33, 1915.

G. Holst. On the measurement of very low temperatures. XXVI. The vapour-pressures of oxygen and nitrogen according to the pressure-measurements by v. Siemens and the temperature-determinations by Kamerlingh Onnes c. s. Onnes Comm. Leiden No. 148, 3—14, 1915.

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

G. Holst. Formules et données regardant les équations d'état, les pressions de vapeur, les volumes de la vapeur saturée, et les chaleurs de vaporisation de l'ammoniaque et du chlorure de méthyle. Onnes Comm. Leiden No. 144, 53—63, 1914.

E. Mathias, H. Kamerlingh Onnes and **C. A. Crommelin.** The rectilinear diameter of nitrogen. Onnes Comm. Leiden No. 145, 19—25, 1914.

W. H. Keesom. The second virial coefficient for rigid spherical molecules, whose mutual attraction is equivalent to that of a quadruplet placed at their centre. Onnes Comm. Leiden Suppl. No. 39 to Nos. 145—156, 2—16, 1915.

W. H. Keesom. Two theorems concerning the second virial coefficient for rigid spherical molecules which besides collisional forces only exert Coulomb-forces and for which the total change of the active agent ist zero. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 39 to Nos. 145—156, 19—23, 1915.

W. H. Keesom and **Miss C. van Leeuwen.** On the second virial coefficient for rigid spherical molecules carrying quadruplets. Onnes Comm. Leiden, Suppl. No. 39 to Nos. 145—156, 27—30, 1916.

Digitized by Google

E. H. Amagat et **L. Décombe.** La Statique des fluides, la Liquéfaction des gaz et l'Industrie du froid. VI u. 271 S. Paris, libr. Ch. Béranger, 1917.

C. A. Crommelin. Isothermals of monatomic substances and their binary mixtures. XVI. New determination of the vapour-pressures of solid argon down to — 205° C. Onnes Comm. Leiden No. 140, 2—6, 1914.

H. Kamerlingh Onnes and **C. A. Crommelin.** Isothermals of monatomic gases and of their binary mixtures. XVII. Isothermals of neon and preliminary determinations concerning the liquid conditions of neon. Onnes Comm. Leiden No. 147, 49—54, 1915.

H. Kamerlingh Onnes, C. Dorsman and **G. Holst.** Isothermals of di-atomic substances and their binary mixtures. XV. Vapour-pressures of oxygen and critical point of oxygen and nitrogen. Onnes Comm. Leiden No. 145. 11—15, 1914.

C. A. Crommelin. Isothermals of di-atomic substances and their binary mixtures. XVI. Vapour-pressures of nitrogen between the critical point and the boiling point. Onnes Comm. Leiden No. 145, 29—32, 1914.

H. Kamerlingh Onnes, C. Dorsmann and **G. Holst.** Isothermals of di-atomic substances and their binary mixtures. XVII. Preliminary measurements concerning the isothermal of hydrogen at 20° C from 60 to 90 atmospheres. Onnes Comm. Leiden No. 146, 3—10, 1915.

H. Kamerlingh Onnes, C. A. Crommelin and **Miss E. I. Smid.** Isothermals of di-atomic substances and their binary mixtures. XVIII. The isothermal of hydrogen at 20° C from 60 to 100 atmospheres. Onnes Comm. Leiden Nr. 146, 13—20, 1917.

H. Kamerlingh Onnes and **Sophus Weber.** Further experiments with liquid helium. O. On the measurement of very low temperatures. XXV. The determination of the temperatures which are obtainable with liquid helium, especially in connection with measurements of the vapour-pressure of helium. Onnes Comm. Leiden No. 147, 17—33, 1915.

G. Holst. On the measurement of very low temperatures. XXVI. The vapour-pressures of oxygen and nitrogen according to the pressure-measurements by v. Siemens and the temperature-determinations by Kamerlingh Onnes c. s. Onnes Comm. Leiden No. 148, 3—14, 1915.

H. Kamerlingh Onnes. Methods and apparatus used in the cryogenic laboratory. XVI. The neon-cycle. Onnes Comm. Leiden No. 147, 37—46, 1915.

H. Kamerlingh Onnes. Organisation des expériences sur les propriétés thermodynamiques de l'ammoniaque et du chlorure de méthyle. Notes on the Work of the Section for Physics, Chemistry and Thermometry of the First International Commission of the Association Internationale du Froid III. Onnes Comm. Leiden No. 144, 3—10, 1914.

G. Holst Discussion des mesures faites précédemment sur les propriétés thermiques de l'ammoniaque et du chlorure de méthyle. Notes on the Work of the Section for Physics, Chemistry and Thermometry of the First International Commission of the Association Internationale du Froid IV. Onnes Comm. Leiden No. 144, 13—33, 1914.

G. Holst. Nouvelles recherches sur les propriétés thermiques de l'ammoniaque et du chlorure de méthyle. Notes on the Work of the Section for Physics, Chemistry and Thermometry of the First International Commission of the Association Internationale du Froid. V. Onnes Comm. Leiden No. 144, 37—49, 1914.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

Konstanty Zakrzewski. Über die spezifische Wärme der Flüssigkeiten bei konstantem Volumen. Krak. Anz. (A) 1916, 33—49.

Digitized by Google

H. Kamerlingh Onnes and **G. Holst.** Further experiments with liquid helium. M. Preliminary determination of the specific heat and of the thermal conductivity at temperatures, obtainable with liquid helium, besides some measurements of thermoelectric forces and resistances for the purpose of these investigations. Onnes Comm. Leiden No. 142, 25—33, 1914.

W. H. Keesom and **H. Kamerlingh Onnes.** The specific heat at low temperatures. I. Measurements on the specific heat of lead between 14^0 and 80^0 K. and of copper between 15^0 and 22^0 K. Onnes Comm. Leiden No. 143, 26 S., 1914.

W. H. Keesom and **H. Kamerlingh Onnes.** The specific heat at low temperatures. II. Measurements on the specific heat of copper between 14^0 and 90^0 K. Onnes Comm. Leiden No. 147, 3—13, 1915.

W. H. Keesom and **H. Kamerlingh Onnes.** The specific heat at low temperatures. III. Measurements of the specific heat of solid nitrogen between 14^0 K. and the triple point and of liquid nitrogen between the triple point and the boiling point. Onnes Comm. Leiden No. 149, 3—12, 1916.

7. Wärmeleitung.

H. Kamerlingh Onnes and **H. Holst.** Further experiments with liquid helium. M. Preliminary determination of the specific heat and of the thermal conductivity at temperatures, obtainable with liquid helium, besides some measurements of thermoelectric forces and resistances for the purpose of these investigations. Onnes Comm. Leiden No. 142, 25—33, 1914.

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

The Temperature of Space. Nature **99**, 394, 1917.

J. H. Jeans, Prof. **A. S. Eddington.** The Radiation of the Stars. Nature **99**, 444, 1917.

1 B. Planeten und Monde.

Dr. **Otto Klotz.** The first New Moon in the Year. I. B. C. Nature **99**, 405, 1917.

H. Struve, Neu-Babelsberg, **M. Wolf**, Königstuhl, **O. Knopf**, Jena, **W. Dziewulski**, Krakau, **J. Weber**, Leipzig, **L. Grabowski**, Lemberg. Totale Mondfinsternis 1917, Juli 4. Astr. Nachr. **205**, 129—131, 1917.

C. Wirtz. Mikrometrische Beobachtungen der Mondfinsternis 1917, Juli 4. Astr. Nachr. **205**, 136—142, 1917.

E. Bernewitz, Neu-Babelsberg. Resultate aus den Babelsberger Beobachtungen von Sternbedeckungen während der Mondfinsternis vom 4. Juli 1917. Astr. Nachr. **205**, 134—136, 1917.

The Relativity Theory and the Motion of Mercury's Perihelion. Nature **99**, 412, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecke.

Radial Velocities of five Cepheid Variables. Nature **99**, 394, 1917.

The Variable Star u Herculis. Nature **99**, 413, 1917.

Variable Proper Motion of δ Cassiopeia. Nature **99**, 454, 1917.

The Nebulae and Stellar Evolution. Nature **99**, 393, 1917.

1 D. Die Sonne.

Solar Prominences. Nature **99**, 432, 1917.

1 E. Kometen.

1 F. Meteore und Meteoriten.

Meteors on July 19. Nature **99**, 431, 1917.

1 G. Zodiakallicht.

Digitized by Google

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

Observations météorologiques faites à l'observatoire de Genève pendant le mois d'octobre et novembre 1916. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 433—437, 513—517, 1917.

Observations météorologiques faites au Grand-Saint-Bernard pendant le mois d'octobre, et novembre 1916. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 437—440, 517—520, 1917.

Annuario of the Rio de Janeiro Observatory. Nature **99**, 431, 1917.

Die Witterung an der deutschen Küste im August 1917. Ann. d. Hydr. **45**, 421—424, 1917.

Das Wetter in Norddeutschland im Frühjahr 1917. Geogr. Anz. Nr. 8, 1917.

O. Sievert. Wetterkunde. Eine Anleitung zum Wetterverständnis und zur Wettervoraussage. 2. vermehrte Aufl. 8°. 128 S. Berlin 1917. Trowitsch & Sohn. (Preis geb. 3 ℳ.)

2 A2. Erforschung der oberen Luftschichten.

2 A3. Luftschiffahrt und Flugwesen.

W. H. Dines. Meteorology and Aviation. Nature **99**, 424, 1917.

Prof. **C. H. Lees.** The Aeroplane Bomber's Problem. Nature **99**, 449, 1917.

W. Immler, Elsfleth. Die Azimutgleiche als Standlinie und ihre Verwertbarkeit in See- und Luftschiffahrt. Ann. d. Hydr. **45**, 381—394, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

2 C1. Lufttemperatur.

Raoul Gautier. Remarques complémentaires sur les retours de froid en juin. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 501—502, 1916.

2 C2. Strahlung.

2 D. Luftdruck.

W. Jordan. Barometrische Höhentafeln für Luftdrucke zwischen 630 mm und 765 mm und für Lufttemperaturen zwischen 0° und + 35°. Die ersten sechs Temperaturgrade neu hinzugefügt von Prof. Dr. E. Hammer. 3. Aufl. Stuttgart 1917. J. B. Metzlersche Buchhandlung. Preis brosch. 5 ℳ, geb. 6 ℳ. Ref.: G. v. Elsner. Ann. d. Hydr. **45**, 418— 419, 1917.

2 E. Winde und Stürme.

Het windstille centrum by stormen op hooge breedte en daarbij waargenomen barometerstanden. Afdeeling Oceanograph. u. Maritime Meteorolog. K. N. M. Instituut. „De Zee" 1917, Sept.

2 F. Wasserdampf.

W. Köppen. Landnebel und Seenebel. Ann. d. Hydr. **45**, 401—408, 1916.

Digitized by Google

2 G. Niederschläge.

Dr. **Hugh Robert Mill.** Forests and Rainfall. Nature **99**, 445, 1917.

A. Angot. Régime pluviométrique de la France. Première partie: considérations générales. — Région Nord-Ouest. Ann. de géogr. 1917, 15 Juillet.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

Paul L. Mercanton, Lausanne. Déperdition électrique dans l'atmosphère et relief du sol. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 496—501, 1916.

2 I. Meteorologische Optik.

A. Stentzel. Über den Ursprung der großen Dämmerungsstörung 1916/17. Astr. ZS. Nr. 9, 1917.

Kapt. **G. Reinicke.** Beobachtungen über Sichtigkeit der Luft. Ann. d. Hydr. **45**, 416—418, 1917.

Prof. **J. Joly.** Radio-active Halos. Nature **99**, 456—458. 1917.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

2 M. Praktische Meteorologie.

A. Menzel. Haben wir einen milden oder strengen Winter zu erwarten Astr. ZS. Nr. 9, 1917.

2 N. Kosmische Meteorologie.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

N. Wing Easton. Had Borneo voveger een woestig klimate. Tijdschr. Nederl. Aardrijkskd. Genootschap. 1917, Sept. 15.

Dr. **W. Eckardt.** Kritische Bemerkungen zu den Versuchen der Klassifikation der Klimate nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. Peterm. Mitt. **63**, 304—306, 1917.

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

J. S. G. Thomas. Gravitation and Thermodynamics. Nature **99**, 405, 1917.

C. F. Clese. Gravity deflections in the Andes. Geogr. Journ., June 1916.

Digitized by Google

E. Przybyllock. Neue Wege zur geographischen Ortsbestimmung auf See. Sirius Nr. 8/9, 1917.

J. Ball. Modern methods of finding the latitude with a theodolite. Geogr. Journ., June 1917.

A. Budde. Rechtweisende Angaben in den nautischen Veröffentlichungen und mißweisende Navigierungen. „Hansa" Nr. 36, 1917.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

Dr. **E. Gogartin.** Der Vulkan „Tolo" auf Halmahera (Molukken). (Schluß.) Peterm. Mitt. **63**, 273—277, 1917.

Prof. Dr. **H. Steffen.** Neue Ausbrüche des Vulkans Calbuco in Südchile. Peterm. Mitt. **63**, 281—282, 1917.

A. de Quervain et **A. Piccard,** Zürich. Projet d'un sismographe universel pour l'observatoire sismologique fédéral suisse. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 493—494, 1916.

3 F. Erdbeben.

Prof. Dr. **A. de Quervain,** Zürich. La profondeur du foyer du tremblement de terre de Zürich, du 17 juillet 1916. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 492—493, 1916.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

Dr. **C. Chree.** Photographs of Aurora. Nature **99**, 405, 1917.

E. Dieterici. Zur Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus. Ein Lokalvariometer. Phys. ZS. Nr. 17, 1917.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

3 K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

A. Pésci. Die Nordsee. (In ungar. Sprache.) „A Tenger" 1917, Aug./Sept.

S. Koch. Die internationale Meeresforschung vor und nach dem Kriege. (In ungar. Sprache.) „A Tenger" 1917, Aug./Sept.

Wilhelm Schmidt. Wirkungen der ungeordneten Bewegung im Wasser der Meere und Seen. Ann. d. Phys. **45**, 367—381, 1917.

Overfladevandets maanedlige middeltemperatur i atlanterhavet nord for 50° N. Br. Fol. 21 S. m. Tabellen und 14 Karten usw. Kopenhagen 1917. Kommissionsverlag Hes. G. E. C. Gad.

Dr. **Bruno Schulz.** Neue ozeanographische Untersuchungen im Auftriebgebiete der Westküste Nordamerikas. Ann. d. Hydr. **45**, 408—416, 1917.

Digitized by Google

Harold Jeffreys. Oceanic Tidal Friction. Nature **99**, 405, 1917.

Leidenfrost. Hydrographische Untersuchungen im neapolitanischen Meerbusen. (In ungar. Sprache.) „A Tenger" 1917, Aug./Sep.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

Dr. **Brysson Cunningham.** The Australian Water Problem. Nature **99**, 394, 1917.

Paul Girardin, Fribourg. Sur l'intérêt morphologique des moraines immergées des lacs de la Savoie, du Jura et de la Suisse. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 502—503, 1916.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Die Eisverhältnisse des Winters 1916/17 in außerdeutschen europäischen Gewässern. Ann. d. Hydr. **45**, 394—401, 1916.

O. Lütschg, Berne. Les variations des glaciers d'Aallalin et de Schwarzenberg. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 503—505, 1916.

W. R. Eckardt. Über die permokarbone Eiszeit und ihre Sonderstellung im geologischen Klimaproblem. Die Naturwissensch. Nr. 29, 1917.

A. de Quervain et **R. Billwiller**, Zürich. Troisième rapport sur l'activité de la Commission des glaciers de Zurich. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 494—495, 1916.

Prof. **L. Mercanton.** Le mouvement de l'inlandeis groenlandais en région frontale sur terre ferme. Arch. sc. phys. et nat. **121**, 495—496, 1916.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Halbmonatliches Literaturverzeichnis

der

„Fortschritte der Physik“

Dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

redigiert von

Karl Scheel für reine Physik — **Richard Assmann** für kosmische Physik

16. Jahrg. **30. Dezember 1917.** **Nr. 24**

Das Literaturverzeichnis der „Fortschritte der Physik“ soll die Titel und Zitate aller auf physikalischem Gebiete erfolgenden in- und ausländischen Publikationen, nach Materien geordnet, möglichst schnell bekannt geben. Zur Erreichung dieses Zieles werden die Herren Fachgenossen um Zusendung ihrer Publikationen, namentlich solcher, die in weniger bekannten Zeitschriften oder als Monographien erfolgen, an die Verlagsbuchhandlung von Friedr Vieweg & Sohn in Braunschweig gebeten. — Heft 24 enthält die Titel aller der Redaktion in der Zeit vom 1. bis 14. Dezember 1917 zugänglich gewordenen Publikationen.

Die Referate werden für die Abschnitte I bis III in der ersten, IV bis VI in der zweiten, VII in der dritten Abteilung der „Fortschritte der Physik“ enthalten sein.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

I. Allgemeine Physik.

1. Lehrbücher. Biographisches. Geschichtliches. Allgemeines.

Ernst Lecher. Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen. Mit 515 Abbildungen im Text. 2. Aufl. VIII u. 449 S. Leipzig und Berlin, Verlag von B. G. Teubner, 1917. (Preis 8,80 ℳ, geb. 9,60 ℳ; Zuschlag auf gebundene Bücher 1,80 ℳ.) *

Wilhelm Lorey. Otto Fischer. Unterrichtsbl. f. Math. u. Naturw. **23**, 110—113, 1917.

H. Wichelhaus. Eduard Jordis. Chem. Ber. **50**, 1773—1774, 1917.

Clemens Schaefer. Ernst Pringsheim †. Phys. ZS. **18**, 557—560, 1917.

A. Sommerfeld. Zum Andenken an Marian von Smoluchowski. Phys. ZS. **18**, 533—537, 1917.

P. Zeeman. Johannes Diederich van der Waals zu seinem 80. Geburtstage. Die Naturwissenschaften **5**, 701—703, 1917.

Karl Scheel. Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1916. (Schluß.) Die Naturwissenschaften **5**, 704—706, 1917.

F. Richarz. Das hundertjährige Bestehen der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg. Marb. Ber. 1916, Nr. 6, 85—94.

2. Unterricht. Apparate für Unterricht und Laboratorium.

Fritz Emde. Elektrizitätslehre und Schulbücher. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 358—365, 410—420, 1917.

V. Naderer. Fallversuche. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 239—241, 1917.

R. Danneberg. Photogramm eines abfallenden Tropfens. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 252—253, 1917.

Digitized by Google

Joh. Kleiber. Segelproblem und Keil. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 221—224, 1917.
A. Maring. Eine billige Quecksilberhochvakuumpumpe. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 241—243, 1917.
A. Keller. Die Lunge als Blasebalg. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 243—244, 1917.
R. Danneberg. Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel durch Photographie im Lichtfelde des Wechselstromes. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 253—254, 1917.
Friedr. Fricke. Versuche über Molekularkräfte. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 225—227, 1917.
Fritz Tauchert. Über Diffusion. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 252, 1917.
F. Küspert. Ein osmotisches Modell des Lungenbläschens. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 251—252, 1917.
O. Ohmann. Über Zersetzungsbilder neuerer Sprengstoffe nebst Bemerkungen zur Kriegschemie. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 234—239, 1917.
Fr. Adami. Das Quadrantelektrometer im physikalischen Unterricht. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 227—231, 1917.
K. Lehne. Ein einfaches Drehspulgalvanometer für den Klassenunterricht. ZS f. phys. Unterr. **30**, 231—234, 1917.
Walther Biegon von Czudnochowski. Eine einfach herzustellende Wasserinfluenzmaschine. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 248—249, 1917.
Friedrich C. G. Müller. Über die elektrische Kapazität gerader Drähte. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 249—251, 1917.
Erich Günther. Demonstration des elektrischen Feldes. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 254, 1917.
Walther Biegon von Czudnochowski Kleiner elektrischer Projektionsapparat für Glühlicht und Batteriebetrieb. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 247—248, 1917,
Karl Rosenberg. Bemerkungen zu dem Versuch über die Vereinigung der Spektralfarben. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 217—221, 1917.
Konrad Söger. Die Dampfmaschine in unseren physikalischen Handbüchern. ZS. f. phys. Unterr. **30**, 244—246, 1917.
Richard Schulze. Apparat zur relativen Bestimmung der spezifischen Wärme fester Körper. Chem. Apparatur **4**, 134, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 585.
Richard Kempf. Der „Hygrostat" und seine sachgemäße Handhabung. ZS. f. Instrkde. **37**, 193—198, 1917.

3. Maß und Messen.

Richard Schumann. Bestimmung einer Geraden durch Ausgleichung der beobachteten Koordinaten ihrer Punkte nach der Methode der kleinsten Quadrate. Wien. Ber. **125** [2a], 1429—1466, 1916.
W. Trendelenburg. Stereoskopische Raummessung an Röntgenaufnahmen. VIII u. 136 S. und 39 Textabbildungen. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Preis 6,80 ℳ.) *

4. Prinzipien der Mechanik. Massenpunkte und starre Körper.

Alfred Denizot. Über Raum und Zeit im Lichte physikalischer Forschungen. 30 S. Lwów 1918. (Polnisch.)
Moritz Schlick. Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik. Zur Einführung in das Verständnis der allgemeinen Relativitätstheorie. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Preis 2,40 ℳ.) *
Erwin Freundlich. Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie. 2. Aufl. 74 S. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Preis 3,60 M.) *
F. Jüttner. Neuere Schriften über die Relativitätstheorie. S.-A. ZS. f. Elektrochem. **23**, 272—282, 1917.

Digitized by Google

Gustav Mie. Die Einsteinsche Gravitationstheorie und das Problem der Materie. Phys. ZS. **18**, 551—556, 574—580, 1917.
P. Ehrenfest. In what way does it become manifest in the fundamental laws of physics that space has three dimensions? Proc. Amsterdam **20**, 200—209, 1917.
W. de Sitter. On the curvature of space. Proc. Amsterdam **20**, 229—243, 1917.
Karl Federhofer. Über das Prinzip der kleinsten Formänderungsarbeit. Phys. ZS. **18**, 560, 1917.
A. Einstein. Eine Ableitung des Theorems von Jacobi. Berl. Ber. 1917, 606—608.
J. M. Burgers. Adiabatic Invariants of Mechanical Systems. Proc. Amsterdam **20**, 149—157, 158—162, 163—169, 1917.

5. Mechanik fester Körper. Elastizität. Festigkeit.

(Vgl. auch II, 1 und III, 6.)

Karl Federhofer. Über die Stabilität der flachen Kugelschale. Wien. Ber. **125** [2a], 1311—1389, 1916.
Alfred Lechner. Zur Theorie der Lavalachse. Wien. Anz. 1917, 289.
Karl Wolf. Über den Einfluß der Einspannung auf die Torsionsbeanspruchung eines Kreiscylinders. Wien. Ber. **125** [2a], 1149—1166, 1916.

6. Hydromechanik.

7. Kapillarität.

F. M. Jaeger. Über die Temperaturabhängigkeit der molekularen freien Oberflächenenergie von Flüssigkeiten im Temperaturbereich von — 80 bis + 1650° C. ZS. f. anorg. Chem. **101**, 1—214, 1917.
Olga Kudlac. Über den Einfluß der Kapillarenweiten bei der Bestimmung der Kapillaritätskonstante nach der Jäger-Martinschen Methode. Wien. Ber. **125** [2a], 1077—1082, 1916.

8. Aeromechanik.

II. Akustik.

1. Physikalische Akustik.

(Vgl. auch I, 5.)

Anton Lampa. Über das Mitschwingen von Saiten. S.-A. Wien. Ber. **126** [2a], 389—408, 1917.
E. Waetzmann. Über Schwebungen. (Zugleich als Erwiderung an Herrn Budde). Phys. ZS. **18**, 560—567, 1917.
E. Schrödinger. Nachtrag zu meinem Aufsatz: Zur Akustik der Atmosphäre. Phys. ZS. **18**, 567, 1917.

2. Physiologische Akustik.

III. Physikalische Chemie.

1. Allgemeines.

Clarence Kenworthy Reiman. Contribution à la révision du poids atomique du brome. Détermination de la densité normale du gaz acide bromhydrique. Journ. chim. phys. **15**, 293—333, 1917.

Digitized by Google

Wallace Jennings Murray. Contribution à la révision du poids atomique du brome. Détermination de la densité normale du gaz acide bromhydrique. Journ. chim. phys. **15**, 334—359, 1917.

Ph. A. Guye et **E. Moles.** Contribution à l'étude des causes d'erreur affectant les déterminations de poids atomiques. VI. Les actions de surface, causes d'erreurs de pesées. Journ. chim. phys. **15**, 360—404, 1917.

Ph. A. Guye et **E. Moles.** Contribution à l'étude des causes d'erreur affectant les déterminations de poids atomiques. VII. Les actions de surface, causes d'erreurs des pesées. (Suite et fin.) Journ. chim. phys. **15**, 405—432, 1917.

E. Moles. Revue. Les révisions de poids atomiques en 1916. Journ. chim. phys. **15**, 433—469, 1917.

A. Smits. Die Rolle der Elektronen in der Chemie der Metalle. Chemisch Weekblad **14**, 798—808, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 587.

K. Grossmann. Einige physikalische Eigenschaften des kolloiden Eisens. 64 S. Erlangen 1916.

V. Kohlschütter. Die Erscheinungsformen der Materie. Vorlesungen über Kolloidchemie. X u. 348 S. Leipzig 1917. (Preis 7 *M.*)

2. Löslichkeit. Absorption. Diffusion.

E. H. Büchner. The boiling point line of the system hexane-nitrobenzene. Proc. Amsterdam **20**, 322—325, 1917.

3. Elektrochemie.

(Vgl. auch IV, 2 und IV, 8.)

A. Smits. Elektromotorische Gleichgewichte und die Erscheinungen der Polarisation und der Passivität. Chemisch Weekblad **14**, 850—879, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 587.

H. R. Kruyt. Neuere Untersuchungen über kapillarelektrische Prozesse im Zusammenhang mit der Kolloidchemie. Chemisch Weekblad **14**, 766—776, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 586.

4. Photochemie.

Fritz Weigert. Über reale photochemische Vorgänge. ZS. f. Elektrochem. **23**, 357—368, 1916.

Chr. Ries. Photophorese und Lichtempfindlichkeit. ZS. f. Feinmech. **25**, 191—192, 1917.

5. Thermochemie.

Daniel Lagerlöf. Thermochemische Studien. Journ. f. prakt. Chem. (N. F.) **96**, 26—49, 1917.

6. Struktur. Kristallographie.

(Vgl. auch I, 5.)

R. Durrer. Eine thermoelektrische Methode für das Studium der allotropen Umwandlungen der Metalle. Stahl u. Eisen **37**, 430—431, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 672.

K. Grossmann. Einige physikalische Eigenschaften des kolloiden Eisens. 64 S. Erlangen 1916.

W. J. H. Moll and **L. S. Ornstein.** Contribution to the research of liquid crystals. II. The influence of the temperature on the extinction; further experiments upon the influence of the magnetic field. Proc. Amsterdam **20**, 210—217, 1917.

Digitized by Google

F. M. Jaeger and **R. T. A. Mees.** On Complex Salts of Ferri-Malonic-Acid. Proc. Amsterdam **20**, 283—291, 1917.
F. M. Jaeger. Two Crystallised, Isomeric d-Fructose-Pentaacetates. Proc. Amsterdam **20**, 280—282, 1917.
F. M. Jaeger and **Jul. Kahn.** On some isomeric, complex cis- and trans-Diethylenediamine-Salts of Cobaltum and on Triethylenediamine-Zinc-Chloride. Proc. Amsterdam **20**, 292—303, 1917.

IV. Elektrizität und Magnetismus.

1. Allgemeines.

Frits Emde. Elektrizitätslehre und Schulbücher. ZS. f. math. u. naturw. Unterr. **48**, 358—365, 410—420, 1917.
G. Soisson. La théorie des électrons. Arch. Inst. de Luxembourg **5**, 87—103, 1910 (1917)
G. Jäger. Die Natur des Magnetismus. Vortrag im Verein z. Verbr. naturw. Kenntn. Wien. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 154—156, 1917.
A. Korn. Mechanische Theorien des elektromagnetischen Feldes. Phys. ZS. **18**, 539—542, 1917.
Irene Parankiewicz. Größen und elektrische Ladungen von kleinen Schwefel-, Selen- und Quecksilberkugeln, bestimmt aus deren Fallgeschwindigkeit und Farbe. Phys. ZS. **18**, 567—574, 1917.
Emil Waelsch. Quaternionen und binäre Formen zu den Minkowskischen Grundgleichungen der Elektrodynamik. (III. Mitteilung.) Wien. Ber. **125** [2a], 1083—1091, 1916.
Emil Waelsch. Quaternionen und binäre Formen zu den Minkowskischen Grundgleichungen der Elektrodynamik. (IV. Mitteilung.) Wien. Ber. **125** [2a], 1651—1662, 1916.
Karl Glitscher. Spektroskopischer Vergleich zwischen den Theorien des starren und des deformierbaren Elektrons. 31 S. Diss. München 1917.

2. Elektrizitätserregung.

(Siehe außerdem IV, 6 und IV, 12.)

(Vgl. auch III, 8.)

3. Elektrostatik.

4. Maße und Meßinstrumente.

5. Apparate.

Ernst Besag. Neuer selbsteinschaltender Ölschalter. Elektrot. ZS. **38**, 575—577, 1917.

6. Thermoelektrizität und reversible Wärmewirkungen des Stromes.

(Vgl. auch VI, 4.)

7. Irreversible Wärmewirkungen des Stromes.

8. Elektrizitätsleitung in festen Körpern und Flüssigkeiten.

(Vgl. auch III, 8.)

Digitized by Google

9. Elektrizitätsleitung in Gasen. Elektrolumineszenz.

Wilhelm Mathiesen. Neuere Untersuchungen über den Lichtbogen unter Druck. Elektrot. ZS. **38**, 573—575, 1917.

Franz Skaupy. Druckdifferenzen in gleichstromdurchflossenen Edelgasröhren. Verh. d. D. Phys. G. **19**, 264—267, 1917.

G. Hertz. Über den Energieaustausch bei Zusammenstößen zwischen langsamen Elektronen und Gasmolekülen. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 268—288, 1917.

A. Hagenbach und **W. Frey.** Spektroskopisches über elektrodenlose Ringentladung durch elektrische Schwingungen. Phys. ZS. **18**, 544—547, 1917.

10. Kathodenstrahlen. Becquerelstrahlen und verwandte Erscheinungen. Röntgenstrahlen.

Josef Paul Rothensteiner. Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 95. Szintillationszählungen über die Reichweiteschwankungen der α-Strahlen von RaF in Luft. Wien. Ber. **125** [2a], 1237—1252, 1916.

Stefan Meyer und **Fritz Paneth.** Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 96. Notiz über die Zerfallskonstante des Radiothor. Wien. Ber. **125** [2a], 1253—1260, 1916.

Robert W. Lawson. Absolute Zeitmessung in der Geologie auf Grund der radioaktiven Erscheinungen. Die Naturwissenschaften **5**, 709, 1917.

Manne Siegbahn und **W. Stenström.** Über die Röntgenspektren der isotopischen Elemente. Phys. ZS. **18**, 547—548, 1917.

W. Trendelenburg. Stereoskopische Raummessung an Röntgenaufnahmen, VIII u. 136 S. u. 39 Textabbildungen. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1917. (Preis 6,80 ℳ.)

11. Magnetische Eigenschaften der Körper.

G. Jäger. Die Natur des Magnetismus. Vortrag im Verein z. Verbr. naturw. Kenntn. Wien. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 154—156, 1917.

K. Grossmann. Einige physikalische Eigenschaften des kolloiden Eisens. 64 S. Erlangen 1916.

12. Elektromagnetisches Feld. Induktion.

Adolf Schmidt. Über Schwingungen in einem unregelmäßig veränderlichen Kraftfelde. Berl. Ber. 1917, 609—622.

F. Niethammer. Magnetischer Ausbreitungswiderstand. Elektrot. u. Maschinenb. **35**, 556—557, 1917.

13. Schnelle elektrische Schwingungen.

14. Elektro- und Magnetooptik. Lichtelektrizität.

W. J. H. Moll and **L. S. Ornstein.** Contribution to the research of liquid crystals. II. The influence of the temperature on the extinction; further experiments upon the influence of the magnetic field. Proc. Amsterdam **20**, 210—216, 1917.

Chr. Ries. Photophorese und Lichtempfindlichkeit. ZS. f. Feinmech. **25**, 191—192, 1917.

Digitized by Google

V. Optik des gesamten Spektrums.

1. Allgemeines.

D. N. Mallik. Optical theories: based on lectures delivered before the Calcutta University. 190 S. Cambridge, University Press, 1917. (Preis 7 s. 6 d.)

Karl Uller. Grundlegung der Kinematik einer physikalischen Welle von elementarer Schwingungsform. III. Phys. ZS. **18**, 548—550, 1917.

J. M. Burgers. Adiabatic Invariants of Mechanical Systems. Proc. Amsterdam **20**, 149—157, 158—162, 163—169, 1917.

J. M. Burgers. The spectrum of a rotating molecule according to the theory of quanta. Proc. Amsterdam **20**, 170—177, 1917.

Karl Glitscher. Spektroskopischer Vergleich zwischen den Theorien des starren und des deformierbaren Elektrons. 31 S. Diss. München 1917.

M. Born. Über die Zerstreuung des Lichtes in Substanzen mit anisotropen Molekeln. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 243—264, 1917.

Jan Spijkerboer. Verstrooïng van licht en intensiteitsverdeeling over de zonneschijf. 160 S. Diss. Utrecht 1917.

Chr. Ries. Photophorese und Lichtempfindlichkeit. ZS. f. Feinmech. **25**, 191—192, 1917.

2. Optische Apparate. Photographische Optik.

Pritschow. Die Linsenformel, ihre Ableitung und Anwendung. Gemeinverständlich dargestellt. (Fortsetzung.) ZS. f. Feinmech. **25**, 171—172, 178—179, 186—187, 193—195, 1917.

H. Günther. Das Mikroskop und seine Nebenapparate. 94 S. mit 108 Fig. Stuttgart 1917. (Preis 1,80 ℳ.)

H. Löschner. Über Doppelbild-Fernmesser (Invert-Telemeter). ZS. f. Instrkde. **37**, 183—187, 199—201, 1917.

3. Fortpflanzung. Reflexion. Brechung. Dispersion.

F. Richarz. Nachträgliche Bemerkungen zu seinem früheren Vortrage über die Schwäche des senkrecht reflektierten Lichtes und damit zusammenhängende Erscheinungen, z. B. die Sichtbarkeit der U-Boote von Luftfahrzeugen aus. Marb. Ber. 1917, 17—22.

4. Interferenz. Beugung. Ultramikroskopie.

5. Polarisation. Doppelbrechung. Kristalloptik. Natürliche Drehung der Polarisationsebene.

F. Richarz. Nachträgliche Bemerkungen zu seinem früheren Vortrage über die Schwäche des senkrecht reflektierten Lichtes und damit zusammenhängende Erscheinungen, z. B. die Sichtbarkeit der U-Boote von Luftfahrzeugen aus. Marb. Ber. 1917, 17—22.

W. J. H. Moll and **L. S. Ornstein.** Contribution to the research of liquid crystals. II. The influence of the temperature on the extinction: further experiments upon the influence of the magnetic field. Proc. Amsterdam **20**, 210—217, 1917.

F. M. Jaeger. Investigations into Pasteur's Principle of the Connection between Molecular and Crystallonomical Dissymmetry. III. Racemic and Optically Active Complex Salts of Trivalent Rhodium. Proc. Amsterdam **20**, 244—262, 1917.

Digitized by Google

F. M. Jaeger. Investigations into Pasteur's Principle of the Connection between Molecular and Crystallonomical Dissymmetry. IV. Racemic and Optically-active Complex Salts of Rhodium-tri-oxalic Acid. Proc. Amsterdam **20**, 263—279, 1917.

6. Emission. Absorption. Photometrie.

(Vgl. auch VI, 4.)

Josef Maria Eder. Das Bogenspektrum des Gadoliniums. Wien. Ber. **125** [2a], 1467—1535, 1916.

A. Hagenbach und **W. Frey.** Spektroskopisches über elektrodenlose Ringentladung durch elektrische Schwingungen. Phys. ZS. **18**, 544—547, 1917.

Manne Siegbahn und **W. Stenström.** Über die Röntgenspektren der isotopischen Elemente. Phys. ZS. **18**, 547—548, 1917.

F. Richarz. Über die Farbe des Mondes, Farbenerscheinungen an Wasserfällen und an Wolken. Marb. Ber. 1917, 11—14.

F. Richarz. Erklärung des Farbenwechsels des Mondes. Marb. Ber. 1917, 22.

7. Lumineszenz.

(Siehe außerdem IV, 9.)

8. Physiologische Optik.

Frl. M. Gottlieb. Über die Empfindlichkeit des Auges gegenüber Sättigungsänderungen von Farben. Wien. Anz. 1917, 290.

J. K. A. Wertheim Salomonson. Photography of the fundus of the human eye. Proc. Amsterdam **20**, 326—328, 1917.

H. Lehmann. Beiträge zur Theorie und Praxis der Farbenstereoskopie. S.-A. ZS. f. wiss. Photogr. **17**, 49—68, 1917.

Keferstein. Über geometrisch-optische Täuschungen. D. Opt. Wochenschr. 1917, 441—443.

VI. Wärme.

1. Allgemeines. Thermodynamik. Anwendung auf thermische Vorgänge.

E. Rothé. Cours de Physique professé à la Faculté des Sciences de Nancy. 3 Bände. Zweiter Band. Thermodynamique. Paris 1917.

W. Schüle. Technische Thermodynamik. 3. Aufl. der Technischen Wärmemechanik. Band I. Die für den Maschinenbau wichtigsten Lehren nebst technischen Anwendungen. XII u. 554 S. Berlin 1917. (Preis 16 ℳ.)

J. M. Burgers. Adiabatic Invariants of Mechanical Systems. Proc. Amsterdam **20**, 149—157, 158—162, 163—169, 1917.

Walther Jankowsky. Beitrag zur Theorie der spezifischen Wärme. ZS. f. Elektrochem. **23**, 368—371, 1917.

M. v. Laue. Temperatur- und Dichteschwankungen. Phys. ZS. **18**, 542—544, 1917.

2. Kinetische Theorie der Materie.

M. Born. Über die Zerstreuung des Lichtes in Substanzen mit anisotropen Molekeln. Verh. d. D. Phys. Ges. **19**, 243—264, 1917.

3. Thermische Ausdehnung.

Digitized by Google

4. Temperaturmessung.

(Vgl. auch IV, 6 und V, 6.)

5. Zustandsgleichung. Änderung des Aggregatzustandes.

H. Kamerlingh Onnes, C. A. Crommelin and P. G. Cath. Isothermals of di-atomic substances and their binary mixtures. XIX. A preliminary determination of the critical point of hydrogen. Proc. Amsterdam **20**, 178—184, 1917

J. J. van Laar. On the Critical Temperature and Pressure of Mercury and Phosphorus. Proc. Amsterdam **20**, 138—148, 1917.

J. J. van Laar. Neuerliche Bemerkungen zur Frage der übereinstimmenden Temperaturen. Chemisch Weekblad **14**, 808—811, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 589.

W. P. Jorissen. „Übereinstimmende Temperaturen." II. Chemisch Weekblad **14**, 811—814, 1917. [Chem. Zentralbl. 1917, **2**, 589.

6. Kalorimetrie. Spezifische und latente Wärme.

Walther Jankowsky. Beitrag zur Theorie der spezifischen Wärme. ZS. f. Elektrochem. **23**, 368—371, 1917.

7. Wärmeleitung.

F. Krauss. Die Grundgesetze der Wärmeleitung und ihre Anwendung auf plattenförmige Körper. VI u. 100 S. Berlin 1917. (Preis 2,80 ℳ.) *

Digitized by Google

VII. Kosmische Physik.

Bücher sind durch ein * am Ende der Zeile bezeichnet.

1. Astrophysik.

1 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

J. Comas Sola. Nouveau courant d'étoiles dans le Sagittaire. C. R. **165**, 149—150, 1917.

Union Observatory, Johannesburg. Nature **99**, 472, 1917.

1 B. Planeten und Monde.

New Elements of Mars. Nature **99**, 493, 1917.

H. G. Lau, Hörsholm. Über die Sichtbarkeit der Marskanäle in der Opposition 1913—1914. Astr. Nachr. **205**, 160, 1917.

H. G. Lau, Hörsholm. Saturn und sein Ring. Astr. Nachr. **205**. 157—160, 1917.

A. C. D. C. The Rotation of the Moon. Nature **99**, 494—495, 1917.

1 C. Fixsterne und Nebelflecken.

Stellar Motions and Absolute Magnitudes. Nature **99**, 472, 1917.

K. Lundmark und **B. Lindblad,** Upsala. Photographisch-effektive Wellenlängen für einige Spiralnebel und Sternhaufen. Astr. Nachr. **205**. 161—170, 1917.

1 D. Die Sonne.

Elements of Sun's Rotation. Nature **99**, 493, 1917.

R. Wegener. Sonnenfleckenbeobachtungen mit einfachen Mitteln. Mitt. d. Ver. v. Freunden d. Astr. u. kosm. Phys. **17**, Nr. 6, 1917.

1 E. Kometen.

L. H. Strahlungsdruck und Kometenschweife. Prometheus **29**, 45—46, 1917.

1 F. Meteore und Meteoriten.

The August Meteors of 1917. Nature **99**, 493, 1917.

Digitized by Google

W. Caspari. Über die kosmische Stellung der Meteore. Naturwissenschaften Heft 46, 1917.

1 G. Zodiakallicht.

2. Meteorologie.

2 A1. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

E. Schrödinger. Zur Akustik der Atmosphäre. Phys. ZS. Nr. 19, 1917.

Willi Hellpach, Dr. phil. u. med., a. o. Professor d. Psychologie in Karlsruhe. Die geopsychischen Erscheinungen, Wetter, Klima und Landschaft in ihrem Einfluß auf das Seelenleben. Zweite vermehrte und durchgesehene Auflage. Mit zwei Tafeln. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1917. Preis geb. 16 ℳ. Ref.: L. H., Prometheus **29**, 31, 1917.

Norsk Meteorologisk Institut. Meteorologien i Norge i 50 aar. Festskrift utgit av det — i anledning av dets 50 aars Jubilaeum 1. Dez. 1916. 8°. 168 S. Kristiania, Grondahl & Sons, 1917.

Ch. Rabot. L'hiver de 1917 en Norvège et en Suède. La Géogr. No. 5 1916/17.

Die Witterung an der deutschen Küste im September 1917. Ann. d. Hydr. **45**, 478—480, 1917.

2 A2. Erforschung der oberen Luftschichten.

2 A3. Luftfahrt und Flugwesen.

Aviation and Air-power. Nature **99**, 481—482, 1917.

Karl G. Kühne, Johannisthal. Luftschiff oder Großflugzeug? Prometheus **29**, 33—36, 42—45, 1917.

C. Walther Vogelsang. Deutschland als Zentrale eines künftigen Flugpostverkehrs. Prometheus **29**, 73—74, 1917.

Emil Knirsch. Tierflug und der erste menschliche Segelflug. Prometheus **29**, 57—59, 1917.

2 B. Eigenschaften der Atmosphäre und Beimengungen zu derselben.

L. H. Das Koronium, ein unentdecktes Edelgas. Prometheus **29**, 48, 1917.

2 C1. Lufttemperatur.

2 C2. Strahlung.

2 D. Luftdruck.

H. Mohn. Der Luftdruck zu Framheim und seine tägliche Periode. Wissenschaftliche Ergebnisse Roald Amundsens antarktischer Expedition. (Aus Videnskabsselskapets Skrifter. I. Math.-naturwissensch. Kl. 1916, Nr. 3). 8°. 30 S. Kristiania 1916. In Kommission bei J. Dybwad.

Digitized by Google

2 E. Winde und Stürme.

Prof. Dr. **Alfred Wegener.** Wind und Wasserhosen in Europa. 301 S. und 85 Abbildungen. 8°. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1917. Brosch. 12 ℳ, geb. 13,60 ℳ. Ref.: R. Wenger, Ann. d. Hydr. **45**, 475—476, 1917.

2 F. Wasserdampf.

2 G. Niederschläge.

H. Hildebrandson. Quelques mots sur l'influence possible des grandes canonnades sur la pluie. C. R. **165**, 227—231, 1917.

H. Deslandres. Contribution à l'influence présumée de la canonade sur la chute de la pluie. Opinion de M. C. Saint-Saëns. C. R. **165**, 304—306, 1917.

E. L. Hawke. Rainfall and Gunfire. Nature **99**, 467—468, 1917.

2 H. Atmosphärische Elektrizität.

L. A. Bauer and **W. F. G. Swann.** Results of Atmospheric-Electric Observations made aboard the Galilee (1907—1908) and the Carnegie (1909—1916). (Washington: Carnegie Institution.)

2 I. Meteorologische Optik.

Prof. **J. Joly.** Radio-active Halos. II. Nature **99**, 476, 1917.

Jean Mascart. Hiver 1917: Halos et arc-en-ciel. C. R. **165**, 343—345, 1917.

2 K. Synoptische Meteorologie.

2 L. Dynamische Meteorologie.

Die atmosphärischen Wirbel als Kreisel. Weltall, Heft 13/14, 1917.

2 M. Praktische Meteorologie.

2 N. Kosmische Meteorologie.

W. Köppen. Anzeichen für eine 89jährige Periode der kalten Winter in Europa. Ann. d. Hydr. **45**, 445—453, 1917.

2 O. Meteorologische Apparate.

2 P. Klimatologie.

Digitized by Google

3. Geophysik.

3 A. Allgemeines und zusammenfassende Arbeiten.

3 B. Theorien der Erdbildung.

3 C. Allgemeine mathematische und physikalische Verhältnisse des Erdkörpers (Gestalt, Dichte, Attraktion, Bewegung im Raume, Ortsbestimmungen).

B. Wanach. Vorläufige Ergebnisse des Internationalen Breitendienstes im Jahre 1916. Astr. Nachr. **205**, 187—188, 1917.

Joseph Krauß, Lübeck. Wedemeyers Höhen- und Azimuttafeln. Ann. d. Hydr. **45**, 453—457, 1917.

Reichs-Marine-Amt, Berlin: Höhen und Azimute der Gestirne, deren Abweichung zwischen 30^0 S und 30^0 N liegt, für 70^0 Breite. 4^0. XXIII, 351 S. Berlin 1917. Admiralstab der Marine.

M. Valier. Zeitbestimmung mit dem Theodoliten. Astr. ZS. Nr. 10, 1917.

3 D. Boden- und Erdtemperatur.

3 E. Vulkanische Erscheinungen.

Adrien Guebhard. Sur une manière nouvelle de comprendre le volcanisme et les apparences pseudo-éruptives du granite. C. R. **165**, 150—153, 1917.

3 F. Erdbeben.

Branca. Über die Bedeutung der magmatischen Erdbeben gegenüber den tektonischen. Sitzber. Berl. Akad. 1917, Heft 27/28.

3 G. Erdmagnetismus und Polarlichter.

L. A. Bauer, W. J. Peters, J. P. Ault and **J. A. Fleming.** The Magnetic Work of the Carnegie (1909—1916). Washington: Carnegie-Institution.

L. A. Bauer, W. J. Peters. Some Discussions of the Ocean Magnetic Work (1905—1916). (Washington: Carnegie Institution.) (The magnetic work of the Carnegie 1909—1916.)

G. van Dijk. Noorderlicht in de avonden van 9, 13 en 21 Augustus en in den nacht von 25 op 26 Augustus 1917. Hemel en Dampkring 1917. September.

3 H. Niveauveränderungen.

3 I. Orographie und Höhenmessungen.

K. Allgemeine Morphologie der Erdoberfläche.

3 L. Küsten und Inseln.

Digitized by Google

3 M. Ozeanographie und ozeanische Physik.

H. Marquardsen. Die Entschleierung der hydrographischen Verhältnisse im nördlichen Neuguinea. Mitteil. aus den deutschen Schutzgebieten **30**. Heft 3.

Dr. W. Brennecke. Ozeanographische Untersuchungen von Th. P. Funder auf dem dänischen Schulschiff „Viking" im südlichen Atlantischen und Stillen Ozean. Ann. d. Hydr. **45**, 461—466, 1917.

H. Peters. Ebbe und Flut in gemeinverständlicher Darstellung. Auf dem Schnee b. Herdecke, Westfalen, im Selbstverlag des Verfassers, 1917. Mit 16 Abbildungen. Preis 1,60 ℳ.

Wilhelm Schmidt. Wirkungen der ungeordneten Bewegung im Wasser der Meere und Seen. (Schluß.) Ann. d. Hydr. **45**, 431—445, 1917.

3 N. Stehende und fließende Gewässer.

K. Niehoff. Oberflächengestaltung, Niederschlag und Abfluß des Niger und seiner Nachbargebiete. Mitteil. a. d. deutschen Schutzgebieten, **30**, Heft 3.

3 O. Eis, Gletscher, Eiszeit.

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

DATE DUE

Digitized by Google

BOUND
MAR 2 1920
UNIV. OF MICH.
LIBRARY

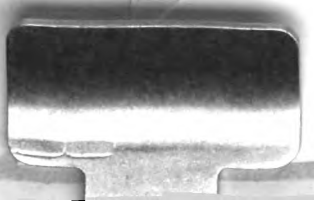
QC
1
.D4862
v.19

Deutsche physikalische gesellschaft. Verhandlungen.

1917

Math Reviews
MAR 12 '93
MAR 15 '93

Physics
QC
1
.D4862
V.19



Digitized by Google

Digitized by Google